



TUGAS AKHIR - MO141326

## Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan

ARDI PRASETIA YANUAR

NRP. 4312 100 086

Dosen Pembimbing :

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016



FINAL PROJECT - MO141326

## The Effect of Green Corrosion Inhibitors Addition in Corrosion Rate to The Pipe Material in the Artificial Sea Water

ARDI PRASETIA YANUAR

NRP. 4312 100 086

SUPERVISOR :

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016

# **Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan**

## **TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

**ARDI PRASETIA YANUAR**

**4312100086**

Disetujui oleh:

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 1)



2. Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 2)

3. Dr.Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. (Penguji 1)

4. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D. (Penguji 2)

5. Murdjito, M.Sc.Eng. (Penguji 3)

6. Wimala L. Dhanistha, S.T., M.T. (Penguji 4)

SURABAYA, JULI 2016

# **Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan**

**Nama** : Ardi Prasetya Yanuar  
**NRP** : 4312 100 086  
**Jurusan** : Teknik Kelautan  
**Dosen Pembimbing** : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D  
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D

## **Abstrak:**

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat adanya reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Banyak faktor yang dapat menyebabkan korosi suatu material, salah satu diantaranya yakni pengaruh konsentrasi media korosi. Ada banyak metode untuk menghambat proses terjadinya korosi. Salah satu diantara banyak metode yaitu penggunaan inhibitor. Inhibitor organik salah satu jenis inhibitor yang bersifat non-toksik, murah, sudah tersedia di alam, mudah diperbaharui dan tidak merusak lingkungan. Inhibitor organik tersebut diperoleh dengan mengekstrak beberapa bahan yang ada di alam. Dalam penelitian ini inhibitor yang digunakan antara lain daun jambu biji, daun teh, kedelai dan kopi. Inhibitor tersebut digunakan pada material pipa baja dalam media air laut buatan yang memiliki kadar salinitas 35 ‰. Metode yang digunakan untuk mengambil data laju korosi baja menggunakan metode *weight loss* dan *electroplating*. Laju korosi paling kecil yakni sebesar 3.10 mpy untuk API 5L dan 1.94 mpy untuk ASTM A53 dengan inhibitor daun teh. Inhibitor yang kurang maksimal dalam menghambat laju korosi yaitu inhibitor kopi yakni 6.12 mpy untuk API 5L dan 2.66 mpy untuk ASTM A53. Nilai laju korosi spesimen API 5L dan ASTM A53 yang tidak menggunakan inhibitor masing-masing 50.26 mpy dan 3.83 mpy. Inhibitor teh memiliki nilai efisiensi mencapai 93.83%. Sedangkan daun jambu biji memiliki nilai efisiensi mencapai 93.45%. Nilai efisiensi inhibitor kedelai mencapai 91.72% dan inhibitor kopi memiliki nilai efisiensi paling rendah hanya mencapai 87.83%.

**Kata Kunci:** Daun Jambu Biji, Daun Teh, *Electroplating*, Inhibitor, Kedelai, Kopi, Korosi, *Weight Loss*

# **The Effect of Green Corrosion Inhibitors Addition in Corrosion Rate to The Pipe Material in the Artificial Sea Water**

**Name** : Ardi Prasetya Yanuar  
**NRP** : 4312 100 086  
**Department** : Teknik Kelautan  
**Supervisor** : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D  
Harmin Sulistiyani Titah, S.T., M.T., Ph.D

## **Abstract:**

Corrosion is a decreasing metal quality due to the electrochemical reaction with its environment. Many factors can cause corrosion of a material, one of those are caused by media concentration. There are many methods to inhibit the corrosion process. One of many methods is namely corrosion inhibitors. Green corrosion inhibitors are non-toxic, inexpensive, readily available in nature, renewable and does not damage the environment. Green corrosion inhibitor obtained by extracting some materials that exist in nature. In this experiment, inhibitor which is used are from guava leaves, tea leaves, soybeans and coffee. The inhibitors used in materials steel pipe in artificial seawater media that has levels of salinity of 35 ‰. The method to obtain corrosion rate data are weight loss and electroplating. The lowest corrosion rate is 3.10 mpy for API 5L and 1.94 mpy for ASTM A53 inhibitor with tea leaves. The inhibitor which not perform well with the rate of corrosion inhibitors 6.12 mpy for API 5L and 2.66 mpy for ASTM A53 is coffee. The value of the rate of corrosion of the specimen API 5L and ASTM A53 who do not use inhibitors is 50.26 mpy and 3.83 mpy. The tea leaves have the value inhibitors efficiency which reached 93.83%. While the leaves of guava have the value of efficiency reached 93.45%. The value of efficiency reached 91.72% soybean inhibitor and inhibitor of coffee have the lowest efficiency value that reaching only 87.83%.

**Keyword:** Coffee, Corrosion, Electroplating, Guava Leaf, Inhibitor, Soy bean, Tea Leaf, Weight Loss

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini secara baik dan lancar. Judul yang dibuat penulis pada Tugas Akhir ini adalah

### **“Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan”**

Tugas Akhir ini dibuat guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya (ITS). Tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan perbandingan kinerja inhibitor ekstrak daun jambu biji, kacang kedelai, daun teh, dan kopi pada material pipa di lingkungan air laut buatan dengan salinitas 35‰

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan yang terbaik. Namun penulis juga menyadari bahwa pada Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga hasil yang di capai penulis dapat berguna bagi penulis sendiri dan untuk pembaca pada umumnya.

Surabaya, Juli 2016

Ardi Prasetya Yanuar

## UCAPAN TERIMA KASIH

Selama menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini penulis telah banyak bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut membantu, khususnya:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan ridho dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moral maupun moril kepada penulis yang tiada hentinya agar diberi kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing satu penulis yang telah sabar membimbing, memberikan petunjuk, dan meluangkan waktunya sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
4. Ibu Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing dua penulis yang telah sabar membimbing, memberikan petunjuk, dan meluangkan waktunya sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
5. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, Ph.D selaku dosen wali penulis, terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan bimbingannya.
6. Bapak Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T., Dr.Eng. selaku ketua jurusan Teknik Kelautan, semua bapak dan ibu dosen serta staf maupun karyawan Jurusan Teknik Kelautan, terima kasih atas segala ilmu dan bantuannya.
7. Para penguji tugas akhir yang telah memberikan evaluasi dan saran kepada penulis guna menyempurnakan tugas akhir yang dikerjakan.
8. Bapak M. Effendi selaku teknisi laboratorium kimia organik D3 Teknik Kimia ITS beserta para asisten laboratorium yang telah memberikan ilmu dan arahannya dalam melakukan praktikum tugas akhir ini.
9. Ibu Iin selaku teknisi laboratorium Sanitasi Lingkungan dan Fitoteknologi Teknik Lingkungan ITS beserta para asisten laboratorium yang telah memberikan ilmu dan arahannya dalam melakukan praktikum tugas akhir ini.

10. Teknisi Laboratorium Kontruksi dan Kekuatan Teknik Perkapalan ITS yang telah membantu penulis dalam melaksanakan praktikum tugas akhir.
11. Seluruh keluarga besar mahasiswa teknik kelautan ITS angkatan 2012 (VARUNA) yang telah memberikan semangat dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
12. Teman-teman kontrakan yang telah memberikan semangat dalam proses pengerjaan tugas akhir.
13. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Baja .....	5
2.2.2 Baja ASTM A53 .....	6
2.2.3 API 5L Grade B .....	7
2.2.4 Korosi.....	7
2.2.5 Prinsip Dasar Korosi .....	8
2.2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi .....	9
2.2.7 Pengendalian Korosi .....	10
2.2.8 Inhibitor Korosi.....	12
2.2.9 Jenis Inhibitor Korosi.....	12
2.2.10 Perhitungan Laju Korosi dan Effisiensi Inhibitor .....	14

2.2.11 Electroplating.....	15
2.2.12 Metode Ekstraksi Refluks.....	16
2.2.13 Daun Jambu Biji .....	16
2.2.14 Kacang Kedelai.....	17
2.2.15 Daun Teh .....	18
2.2.16 Kopi .....	19
2.2.17 Tanin.....	19
2.2.18 Kafein .....	20
2.2.19 Asam Amino.....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Diagram Air.....	23
3.2 Prosedur Penelitian .....	25
3.2.1 Studi Literatur.....	25
3.2.2 Persiapan Penelitian.....	25
3.2.3 Persiapan Spesimen .....	26
3.2.4 Persiapan Larutan .....	30
3.2.5 Persiapan Inhibitor.....	32
3.2.5.1 Ekstrak Daun Jambu .....	33
3.2.5.2 Ekstrak Kacang Kedelai .....	35
3.2.5.3 Ekstrak Daun Teh .....	37
3.2.5.4 Ekstrak Kopi .....	38
3.2.6 Proses Pengujian Korosi.....	40
3.2.6.1 Immersion Test .....	41
3.2.6.2 Electroplating.....	43
3.2.7 Pembersihan Spesimen .....	45
3.2.8 Penimbangan Berat.....	45
3.2.9 Analisa Berat .....	45
3.2.10 Perhitungan Laju Korosi.....	46
3.2.11 Uji Mikrostruktur.....	46
3.2.12 Analisa dan Pembahasan .....	51

3.2.13 Kesimpulan .....	51
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>53</b>
4.1 Hasil Pembuatan Inhibitor Alami .....	53
4.1.1 Daun Teh.....	53
4.1.2 Kopi.....	54
4.1.3 Kacang Kedelai .....	54
4.1.4 Daun Jambu Biji .....	55
4.2 Hasil Percobaan Korosi dengan Metode Rendam .....	56
4.2.1 Material ASTM A53 .....	56
4.2.2 Material API 5L .....	58
4.3 Hasil Percobaan Korosi dengan Metode <i>Electroplating</i> .....	59
4.3.1 Material ASTM A53 .....	59
4.3.2 Material API 5L .....	61
4.4 Hasil Foto Mikro .....	63
4.4.1 Material ASTM A53 .....	63
4.4.2 Material API 5L .....	64
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat ekstraksi Refluks atau Pendingin Tegak .....	16
Gambar 2.2 Daun Jambu Biji.....	17
Gambar 2.3 Kacang Kedelai .....	18
Gambar 2.4 Daun Teh .....	18
Gambar 2.5 Kopi.....	19
Gambar 2.6 Struktur inti tanin.....	19
Gambar 2.7 Struktur senyawa kafein .....	20
Gambar 2.8 Struktur Asam Amino .....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir .....	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Spesimen .....	27
Gambar 3.3 Dimensi Spesimen untuk pengujian laju korosi .....	28
Gambar 3.4 Proses pemotongan material.....	28
Gambar 3.5 Dimensi lubang untuk menggantungan spesimen .....	28
Gambar 3.6 (i) Proses pickling menggunakan larutan HCL (ii) Hasil dari proses pickling .....	29
Gambar 3.7 Hasil pembersihan spesimen setelah proses pickling.....	30
Gambar 3.8 Penimbangan berat awal spesimen.....	30
Gambar 3.9 Dimensi Spesimen Uji.....	31
Gambar 3.10 Diagram Alir Proses Pembuatan Inhibitor secara Umum .....	33
Gambar 3.11 Proses Ekstraksi Daun Jambu biji .....	34
Gambar 3.12 Proses penimbangan berat bahan baku inhibitor kacang kedelai .....	35
Gambar 3.13 Proses ekstraksi kacang kedelai dengan metode refluks .....	36
Gambar 3.14 Hasil ekstraksi kacang kedelai disaring menggunakan kertas saring..	36
Gambar 3.15 Proses pengentalan inhibitor .....	36
Gambar 3.16 Proses ekstraksi daun teh.....	37
Gambar 3.17 Hasil padatan ekstraksi daun teh .....	38
Gambar 3.18 Pemadatan hasil ekstraksi daun teh .....	38
Gambar 3.19 Proses ekstraksi kopi dengan menggunakan metode refluks .....	39
Gambar 3.20 Proses Pemisahan padatan dan larutan ekstrak kopi .....	40
Gambar 3.21 Proses pengentalan hasil ekstraksi kopi .....	40

Gambar 3.22 Penimbangan NaCl.....	41
Gambar 3.23 NaCl yang dicampur pada aquades .....	41
Gambar 3.24 Material untuk pengujian.....	41
Gambar 3.25 Penimbangan material .....	42
Gambar 3.26 Spesimen yang telah diolesi inhibitor .....	42
Gambar 3.27 Spesimen digantung pada stick .....	42
Gambar 3.28 Alat dan bahan untuk pengujian elektroplating.....	43
Gambar 3.29 Proses pemasangan material pada sumber listrik .....	44
Gambar 3.30 Proses Korosi.....	44
Gambar 3.31 Proses pengeringan Material .....	45
Gambar 3.32 Cetakan resin yang telah dilem dengan perekat .....	47
Gambar 3.33 Resin untuk pembuatan bingkai .....	47
Gambar 3.34 Catalyst untuk campuran resin dan pipet untuk takarannya .....	47
Gambar 3.35 Cetakan yang siap digunakan .....	48
Gambar 3.36 Menuangkan campuran resin ke dalam cetakan.....	48
Gambar 3.37 Spesimen dibingkai resin yang sudah jadi .....	48
Gambar 3.38 Ukuran kertas amplas yang digunakan untuk foto mikrostruktur .....	49
Gambar 3.39 Proses <i>Polishing</i> .....	49
Gambar 3.40 Penampakan material spesimen setelah dilakukan <i>polishing</i> .....	50
Gambar 3.41 Spesimen di atas meja <i>preparat</i> .....	50
Gambar 4.1 Inhibitor Daun Teh .....	53
Gambar 4.2 Inhibitor Kopi.....	54
Gambar 4.3 Inhibitor Kacang Kedelai .....	54
Gambar 4.4 Inhibitor Daun Jambu .....	55
Gambar 4.5 Diagram batang perbandingan laju korosi pada baja ASTM A53 dengan metode rendam .....	56
Gambar 4.6 Diagram batang perbandingan Effisiensi Inhibitor pada baja ASTM A53 .....	57
Gambar 4.7 Diagram batang perbandingan laju korosi pada baja ASTM API 5L dengan metode rendam .....	58
Gambar 4.8 Diagram batang perbandingan Effisiensi Inhibitor pada baja API 5L ..	59

Gambar 4.9 Diagram batang perbandingan laju korosi pada baja ASTM A53 dengan metode <i>electroplating</i> .....	60
Gambar 4.10 Diagram batang perbandingan Effisiensi Inhibitor pada baja ASTM A53 .....	60
Gambar 4.11 Diagram batang perbandingan laju korosi pada baja ASTM API 5L dengan metode <i>electroplating</i> .....	61
Gambar 4.12 Diagram batang perbandingan Effisiensi Inhibitor pada baja ASTM API 5L .....	62
Gambar 4.13 Permukaan spesimen material A53 400x tidak mengalami korosi .....	63
Gambar 4.14 Permukaan spesimen material A53 400x .....	63
Gambar 4.15 Permukaan spesimen material API 5L 400x tidak mengalami korosi	64
Gambar 4.16 Permukaan spesimen material API 5L 400x mengalami korosi .....	64

## DAFTAR TABEL

Table 2.1. Tabel Kandungan Kimia ASTM A53 .....	6
Table 2.2. Tabel Kandungan Kimia API 5L Grade B.....	7
Table 2.3. Tabel Koeffisien Laju Korosi .....	15

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat adanya reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Logam yang mengalami penurunan mutu tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga reaksi elektrokimia, yakni antara bahan-bahan yang bersangkutan dengan terjadinya perpindahan elektron. Karena elektron adalah sesuatu yang bermuatan negatif, sehingga pengangkutannya menimbulkan arus listrik, maka reaksi demikian dipengaruhi oleh potensial listrik. (Tretheway dan chamberlain, 1991). Namun dalam penelitian lain, (Pattireuw dkk, 2013) menyatakan bahwa korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam, akibat terjadinya reaksi logam tersebut dengan lingkungan di sekitarnya oleh karena itu bahan-bahan yang terbuat dari logam atau paduannya dapat mengalami kerusakan.

Banyak faktor yang dapat menyebabkan korosi suatu material, salah satu diantaranya yakni pengaruh konsentrasi media korosi. Konsentrasi zat terlarut dalam suatu larutan, yang menyebabkan semakin banyaknya ion bebas dalam larutan tersebut. Pada media air laut, ion-ion klorida menjadi salah satu sumber masalah terhadap material yang mengalami korosi. Semakin banyak konsentrasi ion-ion klorida maka dapat mempercepat proses korosi yang terjadi di lingkungan laut (Yuliarti, 2016).

Ada banyak metode untuk menghambat proses terjadinya korosi. Salah satu diantara banyak metode yaitu penggunaan inhibitor. Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Menurut bahan dasarnya inhibitor dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu inhibitor yang terbuat dari bahan sintesis dan alami. Pada inhibitor berbahan dasar sintesis cukup efektif dalam menghambat laju korosi namun bersifat toksik. Sedangkan pada inhibitor organik selain dapat menghambat laju korosi inhibitor organik bersifat non-toksik, murah, sudah tersedia di alam, mudah diperbaharui dan tidak merusak lingkungan (Karim dan Yusuf, 2012). Saat ini bidang inhibitor korosi sedang mengalami perubahan drastis dari sudut pandang kompatibilitas lingkungan. Lembaga lingkungan di



berbagai negara telah memberlakukan aturan ketat dan peraturan untuk penggunaan dan pembuangan inhibitor korosi. Peraturan lingkungan yang ketat mengharuskan inhibitor korosi untuk menjadi ramah lingkungan dan aman (Sastri, 2011).

Inhibitor korosi alami diperoleh dengan mengekstrak beberapa bahan yang ada di alam. Beberapa contoh bahan dari alam yang dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi alami yakni daun jambu biji, daun teh, kacang kedelai, kopi, dll. Kandungan yang didapat dari tiap bahan pun berbeda-beda. Beberapa ekstrak tanaman telah dibuktikan bahwa mengandung senyawa organik yang memiliki kemampuan mengurangi laju korosi pada berbagai logam, diantaranya *tannin*, *alkaloid*, *pigment*, *saponin*, karbohidrat, dan asam amino (Karim dan Yusuf, 2012).

Saat ini sudah mulai berkembang penelitian mengenai inhibitor korosi alami dan penggunaannya. Daun teh dan daun jambu biji digunakan sebagai inhibitor korosi alami pada baja SS 304 dalam larutan asam (Habibie dan Palupi, 2014). Penggunaan ekstrak daun pepaya sebagai inhibitor korosi pada baja AISI 4140 dalam medium air laut (Irianty dan Khairat, 2013). Ekstrak teh, kopi, dan tembakau yang digunakan sebagai inhibitor korosi pada cat untuk pelat kapal A36 (Septiari dan Heri, 2013). Pengaruh waktu perendaman dan konsentrasi ekstrak daun jambu biji sebagai inhibitor terhadap laju korosi baja SS 304 dalam larutan garam dan asam (Ali, Desi, dan Raka, 2013).

Berdasarkan hal tersebut, penulis ingin melakukan percobaan dengan melakukan penambahan ekstrak daun jambu biji, kacang kedelai, daun teh, dan kopi sebagai bahan inhibitor korosi alami pada material pipa ASTM A53 dan API 5L. Media yang digunakan sebagai media korosi yaitu air laut. Media korosi air laut tersebut penulis menggunakan kadar salinitas 35‰.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang menjadi bahasan pada penelitian kali ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh inhibitor korosi alami terhadap laju korosi pada material pipa di lingkungan air laut buatan dengan salinitas 35‰?
2. Bagaimana perbandingan kinerja inhibitor korosi alami terhadap laju korosi pada material pipa di lingkungan air laut buatan dengan salinitas 35‰?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh inhibitor korosi alami pada material pipa di lingkungan air laut buatan dengan salinitas 35 ‰.
2. Mengetahui perbandingan kinerja inhibitor korosi alami pada material pipa di lingkungan air laut buatan dengan salinitas 35‰

### 1.4 Manfaat

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Meningkatkan nilai ekonomis daun jambu biji, kacang kedelai, daun teh, dan kopi.
2. Mengetahui kemampuan ekstrak daun jambu biji, kacang kedelai, daun teh, dan kopi sebagai inhibitor korosi dalam menahan laju korosi pada baja yang dicelupkan dalam air laut buatan.
3. Inhibitor korosi berbahan alami yang dihasilkan diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pengendalian korosi pada logam baja.
4. Hasil penelitian dapat dijadikan informasi yang saling melengkapi dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya tentang penggunaan inhibitor alami.

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian, ditetapkan batasan-batasan dari penelitian yang dilakukan antara lain:

1. Material pipa yang digunakan dalam penelitian adalah material pipa baja ASTM A53 dan API 5L Grade B.
2. Inhibitor alami yang digunakan antara lain daun jambu biji, kacang kedelai, daun teh, dan kopi.
3. Pelarut yang digunakan yaitu n-heksan.
4. Metode perhitungan laju korosi menggunakan metode *weight loss* dan *electroplating*.
5. Proses ekstraksi menggunakan metode pendingin tegak atau metode refluks.

6. Material pipa baja yang digunakan dianggap homogen dan bebas cacat.
7. Salinitas yang digunakan yakni 35‰.
8. Tidak ada perubahan yang terjadi pada temperatur, volume larutan, dan aliran.
9. Kehalusan permukaan tiap spesimen dianggap homogen.
10. Jumlah inhibitor yang digunakan disamakan.
11. Komposisi lain yang terkandung di dalam ekstrak daun jambu biji, kacang kedelai, daun teh, dan kopi diasumsikan tidak berpengaruh.
12. Daun jambu biji, kacang kedelai, daun teh, dan kopi yang digunakan diasumsikan homogen.
13. Parameter ketebalan inhibitor pada permukaan spesimen diabaikan.
14. Daun teh yang digunakan adalah teh melati serbuk kemasan berasal dari daerah Pekalongan, Jawa Tengah, Indonesia.
15. Kopi yang digunakan yaitu biji kopi arabica murni dari Blitar Jawa Timur, Indonesia yang langsung digiling tanpa penambahan zat lain.
16. Kacang kedelai yang digunakan yaitu kacang kedelai lokal Indonesia.
17. Daun jambu biji yang digunakan merupakan daun jambu biji merah yang ada di Blitar, Jawa Timur, Indonesia.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian dan pengkajian mengenai inhibitor alami saat ini sudah mulai berkembang. Perkembangan tersebut diiringi dengan perubahan kebijakan yang mengacu pada aspek lingkungan. Berikut beberapa referensi penelitian yang berkaitan dengan judul penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Habibie dan Palupi (2013) dalam penelitiannya membahas mengenai pengaruh daun teh dan daun jambu biji sebagai inhibitor alami pada baja SS 304 dalam larutan asam. Penelitian ini dilakukan dengan larutan asam berupa HCl dengan konsentrasi sebesar 32%, serta ditambahkan pengaruh variasi suhu (30°C dan 40°C) dan pengaruh variasi waktu perendaman.
2. Yuliarti (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan tapioka pada inhibitor ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) terhadap efisiensi inhibisi korosi baja api 5L grade B. Penelitian tersebut dilakukan pada media korosi yang memiliki Ph 4 dan Ph 7. Perhitungan laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode *weight loss*.
3. Ilim (2007) dalam jurnalnya membahas penggunaan tumbuhan tembakau, teh dan kopi sebagai inhibitor korosi baja lunak. Penelitian menggunakan air laut buatan yang jenuh CO<sub>2</sub> sebagai media korosinya. Penelitian menunjukkan bahwa medium air laut buatan yang mengandung gas CO<sub>2</sub> memiliki korosifitas yang tinggi terhadap logam *mild steel*.
4. Hermawan, Yuli, dan Rosdanelli (2012) melakukan penelitian mengenai penggunaan ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) untuk mengetahui efisiensi inhibisi pada material baja. Penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) dapat menghambat laju korosi pada baja.

Keempat ulasan literatur tersebut telah melakukan penelitian mengenai inhibitor alam, maka penulis ingin melakukan penelitian mengenai inhibitor alam di lingkungan air laut buatan dengan material pipa ASTM A53 dan API 5L.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Baja

Baja adalah salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik. Baja biasanya mengandung beberapa unsur paduan. Unsur yang paling dominan pengaruhnya terhadap sifat-sifat baja adalah unsur karbon, meskipun unsur-unsur lain tidak bisa diabaikan begitu saja.

Besar kecilnya prosentase unsur karbon akan berdampak pada sifat mekanik dari baja tersebut, misalnya dalam hal kekerasan, kerapuhan, keuletan, kemampuan bentuk dan sifat-sifat mekanik lainnya. (Darmanto, 2006).

### 2.2.2 Baja ASTM A 53

Material ini sering digunakan yaitu pipa yang dilapisi oleh unsur zinc (galvanized), atau sering juga digunakan sebagai alternative untuk tipe A106. Kandungan kimia dari baja ASTM A53 dapat dilihat pada table 2.1.

Table 2.1. Tabel Kandungan Kimia ASTM A 53 (ASTM Standard,1993)

Composition	Grade A	Grade B
Carbon max. %	0.25	0.30
Manganese %	0.95	1.2
Phosphorous, max. %	0.05	0.05
Sulfur, max. %	0.045	0.045
Copper, max.%	0.40	0.40
Nickel, max. %	0.40	0.40
Chromium, max. %	0.40	0.40
Molybdenum, max. %	0.15	0.15
Vanadium, max. %	0.08	0.08

### 2.2.3 API 5L Grade B

Material pipa baja API 5L Grade B memiliki komposisi kimia tertentu yang berbeda dengan komposisi kimia material yang lain. Komposisi kimia yang dimiliki akan berpengaruh pada sifat yang dimiliki oleh material API 5L Grade B. Komposisi kimia dari material API 5L Grade B dapat dilihat pada tabel 2.2.

Table 2.2. Tabel Kandungan Kimia API 5L Grade B (API Standard, 2004)

Komposition	Grade B
Carbon, max %	0.28
Manganese, max %	1.20
Phosphorus, max %	0.03
Sulfur, max %	0.03
Titanium, max %	0.04

#### 2.2.4 Korosi

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat adanya reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Logam yang mengalami penurunan mutu tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga reaksi elektrokimia, yakni antara bahan-bahan yang bersangkutan dengan terjadinya perpindahan elektron. Karena elektron adalah sesuatu yang bermuatan negatif, sehingga pengangkutannya menimbulkan arus listrik, maka reaksi demikian dipengaruhi oleh potensial listrik. (Tretheway dan chamberlain, 1991). Namun dalam penelitian lain, Pattireuw (2013) menyatakan bahwa korosi adalah salah satu proses kerusakan material khususnya logam, akibat terjadinya reaksi logam tersebut dengan lingkungan di sekitarnya oleh karena itu bahan-bahan yang terbuat dari logam atau paduannya dapat mengalami kerusakan.

Menurut Supomo (1995) ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi cepat atau lambatnya suatu proses korosi, antara lain:

##### a. Material konstruksi

Material yang dipakai untuk membuat benda konstruksi sangat berpengaruh terhadap laju korosi dengan demikian harus dipilih sejeli mungkin untuk mengurangi dampak negatif korosi.

##### b. Kondisi lingkungan / media

Korosi yang timbul akan dipengaruhi oleh media korosif yang terkandung pada lingkungan tersebut. Kondisi material di lingkungan air laut akan sangat berbeda dengan di lingkungan air tawar. Di lingkungan air laut korosi akan terjadi lebih cepat dibandingkan dengan proses korosi yang terjadi di dalam air tawar karena kandungan garam pada air laut dapat mempercepat proses korosi yang terjadi.

**c. Bentuk konstruksi / susunan**

Bentuk konstruksi yang oleh sebagian orang diabaikan efeknya terhadap proses korosi, sebenarnya tidak sedikit dampaknya. Karena bentuk ini sedikit banyak juga akan berpengaruh terhadap kecepatan korosi.

**d. Fungsi konstruksi**

Konstruksi baja yang digunakan untuk operasi suhu panas akan berlainan jika dibandingkan dengan suhu operasi rendah. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan jika konstruksi tersebut akan dibuat harus dipertimbangkan untuk apa alat tersebut dibuat atau untuk operasi yang bagaimana konstruksi tersebut dipakai.

### **2.2.5 Prinsip Dasar Korosi**

Korosi yang terjadi pada benda logam merupakan sebuah hal yang akan selalu terjadi dan tidak dapat dihindarkan. Korosi merupakan proses yang terjadi secara alami dan tidak akan biasa berhenti selama logam tersebut masih berada di lingkungan yang bersifat korosif. Proses ini akan merusak logam dengan cara mengikis logam yang kemudian akan menurunkan sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh logam tersebut. Pada umumnya reaksi korosi yang terjadi merupakan reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia biasa terjadi pada lingkungan yang basah dengan berbagai bentuk korosi yang mengikuti mekanisme elektrokimia tersebut (Gumelar, 2011).

Proses korosi akan terjadi bila beberapa faktor dapat terpenuhi, faktor yang membuat proses korosi terjadi antara lain:

- *Anode* (Anoda)

Merupakan bagian logam yang berfungsi sebagai elektroda, dimana terjadi reaksi anodik. Reaksi anodik adalah reaksi yang menghasilkan elektron (Ishwahyudi, 2008). Reaksi pada anoda dapat dituliskan dengan persamaan:

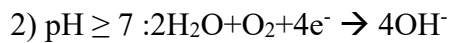
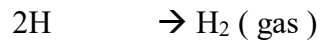
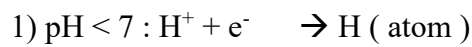


Dengan  $z$  adalah valensi logam dan umumnya  $z = 1, 2$ , atau  $3$

- *Cathode* (Katoda)

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin menderita kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu. Reaksi yang terjadi pada katoda

berupa reaksi reduksi. Reaksi pada katoda tergantung pada pH larutan yang bersangkutan, seperti:



- Larutan elektrolit

Sebagai media penghantar arus listrik. Elektrolit menghantarkan arus listrik karena mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan *elektroequivalen force* sehingga reaksi dapat berlangsung. Semakin banyak kandungan ion-ion dalam elektrolit maka semakin cepat elektrolit menghantarkan arus listrik (Hakim, 2011).

- Adanya kontak antara anoda dan katoda sehingga elektron dapat mengalir dari anoda menuju katoda.

#### 2.2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi dalam sistem elektrolit larutan (*aqueous*) diantaranya adalah:

##### 1. Komponen Ion larutan dan Konsentrasinya

Konsentrasi larutan menyatakan jumlah zat terlarut dalam setiap satuan larutan atau pelarut. Dalam sebuah larutan dengan konsentrasi tertentu, zat penyusun larutan tersebut akan terurai menjadi ion-ion (baik berupa kation maupun anion) pembentuknya. Ion-ion ini akan menjadikan larutan mampu menghantarkan muatan listrik yang terdistribusi di dalam larutan tersebut.

Adanya muatan dari suatu larutan elektrolit yang menghubungkan antara anoda dan katoda ini akan menentukan kecepatan dari reaksi elektrokimia tersebut. Larutan dengan konduktifitas yang baik akan mengakibatkan reaksi korosi berlangsung dengan cepat sehingga akan meningkatkan laju korosi (Hakim, 2011).

##### 2. pH

Nilai pH larutan berkaitan dengan jumlah ion  $\text{H}^+$  yang terlarut dalam larutan tersebut. Nilai pH berbanding terbalik dengan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  di dalam larutan. Semakin rendah nilai pH menunjukkan semakin banyaknya jumlah ion  $\text{H}^+$  yang terlarut. Akibat adanya peningkatan konsentrasi  $\text{H}^+$  ini, elektron ( $\text{e}^-$ ) yang berasal



dari reaksi anodik akan berikatan dengan ion  $H^+$ , sehingga jumlah ion positif logam yang dilepaskan untuk menyeimbangkan kelebihan muatan positif akan semakin tinggi. Hal ini dapat meningkatkan arus batas katodik sehingga laju pelarutan logam semakin tinggi.

### 3. Kadar Oksigen

Oksigen terlarut akan meningkatkan reaksi katoda sehingga logam akan semakin teroksidasi (terkorosi) (Hakim, 2011).

### 4. Temperatur

Penambahan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur. Apabila metal pada temperatur yang tidak uniform, maka akan besar kemungkinan terbentuk korosi.

### 5. Kecepatan (pergerakan fluida)

Kecepatan aliran fluida yang tinggi di atas kecepatan kritisnya di dalam pipa berpotensi menimbulkan korosi. Kerusakan permukaan logam yang disebabkan oleh aliran fluida yang sangat deras itu yang disebut erosi. Proses erosi dipercepat oleh kandungan partikel padat dalam fluida yang mengalir tersebut atau oleh adanya gelembung-gelembung gas. Dengan rusaknya permukaan logam, rusak pula lapisan film pelindung sehingga memudahkan terjadinya korosi.

## 2.2.7 Pengendalian Korosi

Dengan dasar pengetahuan tentang proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi:

### a. Pengubahan Media

Korosi merupakan interaksi antara logam dengan media sekitarnya, maka pengubahan media sekitarnya akan dapat mengubah laju korosi. Ada tiga situasi yang dapat terjadi yaitu:

- Media sekitar / lingkungan berupa gas
- Media sekitar berupa larutan dengan ion-ion tertentu
- Logam terbenam dalam tanah.

## **b. Seleksi Material**

Metode umum yang sering digunakan dalam pencegahan korosi yaitu pemilihan logam atau paduan dalam suatu lingkungan korosif tertentu untuk mengurangi resiko terjadinya korosi.

## **c. Proteksi Katodik (Cathodic Protection)**

Proteksi katodik adalah jenis perlindungan korosi dengan menghubungkan logam yang mempunyai potensial lebih tinggi ke struktur logam sehingga tercipta suatu sel elektrokimia dengan logam berpotensi rendah bersifat katodik dan terproteksi. Beberapa jenis proteksi katodik antara lain:

- *Impressed Current*
- *Galvanic Sacrificial Anode*
- *Galvanic Zinc Application*, antara lain:
- *Zinc Metallizing*
- *Zinc-Rich Paints*
- *Hot-Dip Galvanizing*

## **d. Proteksi Anodik (Anodic Protection)**

Adanya arus anodik akan meningkatkan laju ketidak-larutan logam dan menurunkan laju pembentukan hidrogen. Hal ini bisa terjadi untuk logam “active-passive” seperti Ni, Fe, Cr, Ti dan paduannya. Jika arus yang lewat logam dikontrol seksama (dengan *potentiostat*) maka logam akan bersifat pasif dan pembentukan logam-logam tak terlarut akan berkurang.

## **e. Inhibitor Korosi**

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan penggunaan inhibitor korosi. Secara umum suatu inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Mekanisme penghambatannya terkadang lebih dari satu jenis.

Sejumlah inhibitor menghambat korosi melalui cara adsorpsi untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak terlihat dengan ketebalan beberapa molekul saja, ada pula yang karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang

nampak dan melindungi logam dari serangan yang mengkorosi logamnya dan menghasilkan produk yang membentuk lapisan pasif, dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif.

**f. Perubahan Media / Lingkungan Kerja (*Environment Change*)**

Korosi merupakan interaksi antara logam dengan media sekitarnya, maka perubahan media sekitarnya akan dapat mengubah laju korosi. Ada tiga situasi yang dapat terjadi yaitu:

- Media sekitar / lingkungan berupa gas
- Media sekitar berupa larutan dengan ion-ion tertentu
- Logam terbenam dalam tanah.

**g. Pelapisan (*Coatings*)**

Prinsip umum dari pelapisan yaitu melapiskan logam induk dengan suatu bahan atau material pelindung. Jenis - jenis coating antara lain:

- Metallic coatings
- Paint /organic coatings
- Chemical conversion coatings
- Miscellaneous coatings (enamel, thermoplastics)

## **2.2.8 Inhibitor Korosi**

Inhibitor adalah substansi kimia yang ketika ditambahkan dalam konsentrasi kecil ke lingkungan, memberikan efek memeriksa, menurunkan, atau melindungi reaksi antara logam dengan lingkungannya. Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam. Pada prakteknya, jumlah yang di tambahkan adalah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu (Gumelar, 2011).

## **2.2.9 Jenis Inhibitor Korosi**

Berdasarkan mekanisme kerjanya, inhibitor korosi dapat dibagi menjadi 5 jenis, yaitu (Gumelar, 2011):

#### **a. Inhibitor Anodik**

Inhibitor anodik membuat logam menjadi terpolarisasi ke arah anodik sehingga berada pada daerah pasif yang membuat suatu lapisan pasif di permukaan logam sehingga laju korosi dapat menurun. Terdapat dua tipe inhibitor anodik, yakni:

- *Oxidizing anions*, seperti kromat, nitrat, dan nitrit yang dapat membuat lapisan pasif di permukaan baja.
- *Non-oxidizing ions*, seperti fosfat, tungsten, dan molybdate yang membutuhkan keberadaan oksigen agar dapat membuat lapisan pasif di permukaan baja.

#### **b. Inhibitor Katodik**

Inhibitor jenis ini bekerja dengan menghambat reaksi katodik suatu logam akibat pembentukan suatu endapan yang dapat meningkatkan ketahanan permukaan sekaligus membatasi reaksi reduksi untuk melindungi logam tersebut. Perlindungan terjadi akibat penghambatan reaksi reduksi yang terjadi di katoda sehingga otomatis reaksi di anoda juga berkurang atau terhambat karena reaksi yang terjadi di anoda dan katoda berjalan setimbang dan spontan. Dari inhibitor katodik ini terbagi menjadi tiga jenis yaitu:

- Racun katoda, jenis yang menghambat reaksi evolusi hidrogen.
- Persipitat katoda, jenis yang dapat mengendap membentuk oksida sebagai lapisan pelindung pada logam.
- *Oxygen scavenger*, jenis yang dapat mengikat oksigen terlarut sehingga mencegah reaksi reduksi oksigen pada katoda.

#### **c. Inhibitor Presipitasi**

Inhibitor jenis ini bekerja dengan membentuk persipitat yang *relative porous*, tebal, dan kurang kuat melekat pada logam. Lapisan ini terbentuk di seluruh permukaan logam yang berperan sebagai lapisan pelindung untuk menghambat reaksi anodik dan katodik logam tersebut secara tidak langsung.

#### **d. Inhibitor Campuran (Inhibitor Organik)**

Inhibitor campuran pada dasarnya adalah senyawa organik, digolongkan kedalam inhibitor campuran disebabkan tidak dapat dimasukkan kedalam golongan anodik maupun katodik. Keefektifan dari inhibitor organik

dihubungkan dengan luasnya daerah adsorpsi yang dapat melindungi permukaan logam. Penyerapan tergantung pada struktur inhibitor, muatan yang terdapat di permukaan logam dan elektrolit. Proses yang dilakukan untuk melindungi logam dilakukan dengan cara *physical adsorption*, *chemisorption* dan pembentukan film. (Pramana, 2012).

#### e. Volatile Corrosion Inhibitor

Inhibitor jenis ini bekerja dengan menurunkan tingkat korosifitas lingkungan dari suatu logam yang ingin dilindungi berada sebagai senyawa yang dialirkan melalui lingkungan tertutup menuju lingkungan korosif tersebut dengan cara penguapan dari sumbernya. Inhibitor jenis ini yang sering digunakan morpholine, hydrazine pada boiler. Senyawa tersebut dialirkan sebagai uap untuk mencegah korosi pada bagian condenser tubes untuk menetralkan suasana asam dan menggeser pH kesuasana yang tidak terlalu asam. Pemakaian yang efisien dari inhibitor dari jenis ini dapat menghasilkan proses inhibisi secara cepat dan dapat digunakan untuk jangka waktu yang lama (Gumelar, 2011).

#### 2.2.10 Perhitungan Laju Korosi dan Effisiensi Inhibitor

Laju korosi pada umumnya dapat diukur dengan menggunakan dua metode yaitu: metode kehilangan berat dan metode elektrokimia. Salah satu metode perhitungan laju korosi yaitu metode kehilangan berat adalah menghitung kehilangan berat yang terjadi setelah beberapa waktu pencelupan. Pada penelitian ini, digunakan metode kehilangan berat dimana dilakukan perhitungan selisih antara berat awal dan berat akhir.

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \times W}{D \times A \times T} \quad (2.1)$$

dimana :

- K = Konstanta
- T = Waktu ekspos (jam)
- A = Luas permukaan logam (cm<sup>2</sup>)
- W = Kehilangan berat (gram)
- D = Densitas logam (gram/cm<sup>3</sup>)

Table 2.3 Tabel Laju Korosi (ASTM G-1 Standard, 1999)

Corrosion Rate Units Desired	Constant (K) in Corrosion Rate Equation
mills per years (mpy)	$3.45 \times 10^6$
inches per year (ipy)	$3.45 \times 10^3$
inches per month (ipm)	$2.87 \times 10^2$
millimetres per year (mm/y)	$8.76 \times 10^4$
micrometres per year ( $\mu\text{m/s}$ )	$8.76 \times 10^7$
picometres per year (pm/s)	$2.78 \times 10^6$
grams per square meter per hour ( $\text{g/m}^2\cdot\text{h}$ )	$1.00 \times 10^4 \times D$
milligrams per square decimeter per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D$
micrograms per square meter per second ( $\mu\text{g/m}^2\cdot\text{s}$ )	$2.78 \times 10^6 \times D$

Sedangkan untuk menentukan besarnya efisiensi inhibitor dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan 2.2.

$$\text{Efisiensi Inhibitor} = \frac{V_1}{V_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:  $V_0$  = Laju korosi tanpa inhibitor

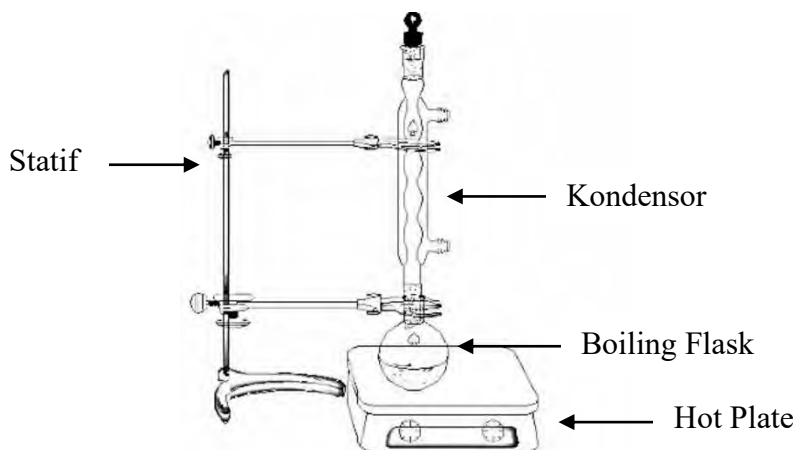
$V_1$  = Laju korosi dengan menggunakan inhibitor

### 2.2.11 Electroplating

*Electroplating* adalah salah satu proses melapisi logam dengan menggunakan prinsip arus listrik dan bantuan senyawa kimia sehingga menghasilkan partikel pelapis yang melapisi material. Konsep dasar dalam pelapisan logam ini dengan mengendapkan/deposisi logam yang dihendaki dengan cara elektrolisa. Pada cairan elektrolit ini tercelup dua elektroda. Masing – masing elektroda dihubungkan dengan arus listrik, terbagi menjadi kutub positif (+) dan negatif (-) dikenal sebagai anoda (+) dan katoda (-). Agar ion dapat terus mengalir dalam proses elektroplating maka digunakan arus listrik. Arus listrik tersebut menyebabkan elektron bermigrasi melalui anoda ke katoda (Subangga, Sutekno, Ariseno, 2015).

### 2.2.12 Metode Ekstraksi Refluks

Refluks adalah salah satu metode dalam ilmu kimia untuk mensintesis suatu senyawa, baik organik maupun anorganik. Metode Reflux merupakan metode ekstraksi cara panas (membutuhkan pemanasan pada prosesnya). Secara umum refluks adalah ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya, selama waktu tertentu dan jumlah pelarut yang relatif konstan dengan adanya pendingin balik. Ekstraksi dengan cara ini pada dasarnya adalah ekstraksi berkesinambungan.



Gambar 2.1. Alat ekstraksi Refluks atau Pendingin Tegak  
(Sumber: <http://analisakimia.com/wp-content/uploads/2014/12/refluks1.png>, Mei 2016)

Metode ini umumnya digunakan untuk mensintesis senyawa-senyawa yang mudah menguap. Pada kondisi ini jika dilakukan pemanasan biasa maka pelarut akan menguap sebelum reaksi berjalan sampai selesai. Prinsip dari metode refluks adalah pelarut yang digunakan akan menguap pada suhu tinggi, namun akan didinginkan dengan kondensor sehingga pelarut yang tadinya dalam bentuk uap akan mengembun pada kondensor dan turun lagi ke dalam wadah reaksi sehingga pelarut akan tetap ada selama reaksi berlangsung.

### 2.2.13 Daun Jambu Biji

Tanaman jambu biji (*Psidium guajava*) merupakan tanaman yang berasal dari Amerika, banyak ditanam sebagai tanaman buah-buahan yang tumbuh pada ketinggian 1-1.2 m diatas permukaan laut dan merupakan tanaman perdu atau pohon kecil, tinggi tanaman umumnya 3-10 m. Kulit batangnya licin, terkelupas dalam potongan. Ruas tangkai teratas segi empat tajam. Daun muda berbulu abu-

abu, daun bertangkai pendek dan bulat memanjang. Bunga terletak di ketiak daun. Tabung kelopak bunga berbentuk lonceng atau bentuk corong, panjang -5 cm, pinggirannya tidak rontok dengan panjang  $\pm 1$  cm. Daun mahkota berbentuk bulat telur terbalik dengan panjang 1.5-2 cm. Bakal buah tenggelam dan buahnya berbentuk bundar dan berbentuk menyerupai buah pir (akhsan, 2015).



Gambar 2.2. Daun Jambu Biji

(Sumber: <http://saransehat.com/wp-content/uploads/2015/09/Manfaat-Daun-Jambu-Biji1.jpg>, Mei 2016)

Kandungan kimia yang terdapat dalam jambu biji yaitu buah, daun, dan kulit batang pohon jambu biji mengandung tanin. Sedangkan pada bunganya tidak banyak mengandung tanin. Daun Jambu biji juga mengandung zat lain seperti minyak atsiri, asam ursolat, asam psidiolat, asam kratogolat, asam oleanolat, asam guajaverin, dan vitamin. Daun jambu biji yang digiling halus diketahui mempunyai kandungan tanin sampai 17%. Senyawa ini juga mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Fachry, Sastrawan, dan Svingkoe, 2012).

#### **2.2.14 Kacang Kedelai**

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) merupakan tanaman pangan turunan kedelai jenis liar *Glycine Ururiencis* berbentuk semak yang tumbuh tegak. Kedelai adalah salah satu contoh tanaman yang berkembang menjadi tanaman kosmopolitan. Tidak ada spesies tanaman yang menyebar begitu luas secara cepat seperti kedelai.

Sistematika tanaman kedelai adalah Ordo: Polypetales, Famili: Leguminosae, Sub-famili: Papionadeae, Genus: *Glycine*, Sub-genus: soja, dan Species: max. *Glycine max* merupakan tanaman semusim, warna bunga putih dan ungu dan memiliki ragam bentuk dan ukuran untuk karakter daun dan biji. Terdapat beberapa tipe daun pada kedelai, yakni: daun tunggal, daun bertiga, dan kadang-kadang ditemukan daun berlima.





Gambar 2.3. Kedelai

(Sumber: [http://static.republika.co.id/uploads/images/inpicture\\_slide/kedelai-\\_150422145031-132.jpg](http://static.republika.co.id/uploads/images/inpicture_slide/kedelai-_150422145031-132.jpg), Mei 2016)

Kandungan nutrisi yang terdapat dalam kedelai adalah energi, karbohidrat, gula, serat, lemak, protein, asam aspartat, asam glutamat, glysin, prolin, serin, fitoestrogen, lesitin, kolin, inositol, vitamin A, vitamin B1, vitamin B6, vitamin B12, vitamin C, vitamin E, vitamin K, kalsium, besi, magnesium, fosfor, kalium, natrium, seng, air, selenium, flavonoid, isoflavon, alfa karoten, alfa tokoferol, alfa tokoteritenol, dan genistein. Kandungan asam amino dalam kacang kedelai cukup tinggi yaitu sekitar 42% dari total berat keringnya.

### 2.2.15 Daun Teh

Daun teh memiliki beberapa kandungan penting yang sangat berguna bagi manusia. Beberapa kandungan yang dimaksud antara lain kafein, theofilin, tanin, adenine, minyak atsiri, kuersetin, naringenin, dan natural fluoride. Daun teh mengandung sekitar 2-4% senyawa kafein.



Gambar 2.4. Daun teh

(Sumber: <http://jangankan.net/wp-content/uploads/2015/12/Manfaat-daun-teh-untuk-kesehatan.jpg>, Mei 2016)

Di dalam minuman teh terdapat kurang lebih 40 mg kafein (Bungsu 2012). Sedangkan di dalam daun teh terdapat kandungan zat tanin sekitar 8-18% didalamnya (Habibie dan Palupi, 2014).

### 2.2.16 Kopi

Tanaman kopi (*Coffea sp.*) termasuk familia Rubiaceae dan merupakan tanaman tropis yang banyak diperdagangkan di dunia. Diperdagangan dunia dikenal dua macam kopi, yaitu kopi Arabica dan Robusta. Di Indonesia kopi Robusta paling banyak yaitu mencapai 87,1 % dari total produksi kopi Indonesia. Sebagian besar hasil produksi kopi masuk dalam perdagangan ekspor, dengan negara tujuan Amerika Serikat, Jerman, dan Singapura.



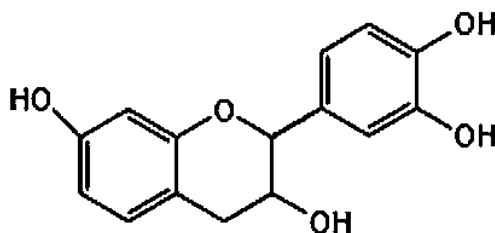
Gambar 2.5. Kopi

(Sumber: <http://kopikeliling.com/wp-content/uploads/2014/08/coffee-powder-11.jpg>, Mei 2016)

Di Indonesia kopi diperdagangkan dalam bentuk kopi biji, kopi sangrai, kopi bubuk, kopi instan, dan bahan makanan lain yang mengandung kopi. Produk kopi herbal merupakan salah satu diversifikasi produk olahan kopi yang ada di pasaran. Pembuatan kopi yang dicampur dengan herbal bertujuan untuk memperoleh aroma dan cita rasa baru dan memperoleh kelebihan lainnya, seperti efek yang baik bagi kesehatan (Rohmah, 2010).

### 2.2.17 Tanin

Tanin merupakan senyawa organik yang sangat kompleks dan banyak terdapat pada bermacam-macam tumbuhan. Tanin merupakan suatu senyawa kompleks dalam bentuk campuran polifenol yang sukar dipisahkan. (Fachry, Sastrawan, dan Svingkoe 2012). Tanin kaya akan senyawa polifenol yang mampu menghambat proses oksidasi sehingga laju korosi dapat menurun.

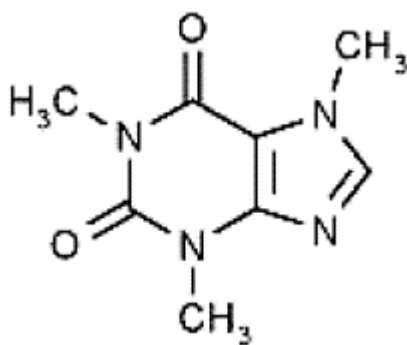


Gambar 2.6. Struktur inti tanin (Yuliarti, 2016)

Secara structural, tanin adalah suatu senyawa fenol yang memiliki berat molekul besar yang terdiri dari gugus hidroksi dan beberapa gugus yang bersangkutan seperti karboksil untuk membentuk kompleks kuat yang efektif dengan protein dan beberapa makromolekul (Yuliarti 2016). Zat tanin tersebut telah terbukti dapat menghambat laju korosi yang terjadi pada logam dengan memberikan semacam lapisan pelindung pada permukaan logam agar tidak terkorosi (Habibie dan Palupi 2014). Senyawa tanin dapat membentuk kompleks dengan besi (II) dan besi (III). Kompleks besi (II)-tanin tidak berwarna dan sangat mudah larut dan teroksidasi. Dengan adanya oksigen, kompleks ini berubah menjadi kompleks besi(III)-tanin yang disebut tanat. Kompleks inilah yang akan melekat pada permukaan besi yang akan menghalangi terjadinya proses korosi lebih lanjut karena kompleks tersebut akan terserap pada permukaan besi dan melindungi permukaan besi.

#### 2.2.18 Kafein

Inhibitor kafein merupakan inhibitor organik sehingga, proses penginhibisiannya disebabkan adsorpsi molekul dalam permukaan logam. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam membentuk lapisan pasif yang melindungi logam terhadap korosi lebih lanjut.



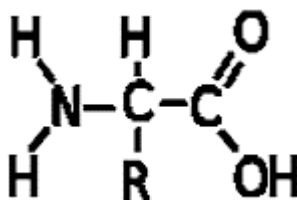
Gambar 2.7. Struktur senyawa kafein (Yeboah dan Sylvester, 2013)

Secara keseluruhan senyawa inhibitor adalah netral tetapi, gugus nitrogen pada senyawa memiliki pasangan elektron bebas yang menyebabkan inhibitor cenderung bermuatan negatif sehingga, inhibitor akan tertarik ke permukaan logam dan membentuk lapisan (Kristian dan Purwanto 2015). Kafein merupakan alkaloid yang mempunyai cincin purin dan merupakan derivat dari metil xanthine (1,3,7-trimetil xanthine) dengan BM 194,14, specific gravity 1,23 (Haryono dkk, 2010).

### 2.2.19 Asam Amino

Asam amino adalah sembarang senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil ( $-\text{COOH}$ ) dan amina (biasanya  $-\text{NH}_2$ ). Dalam biokimia seringkali pengertiannya dipersempit: keduanya terikat pada satu atom karbon (C) yang sama (disebut atom C "alfa" atau  $\alpha$ ). Gugus karboksil memberikan sifat asam dan gugus amina memberikan sifat basa. Dalam bentuk larutan, asam amino bersifat

amfoterik, cenderung menjadi asam pada larutan basa dan menjadi basa pada larutan asam.



Gambar 2.8. Struktur Asam Amino (Rafiqi dan Junaidi, 2012)

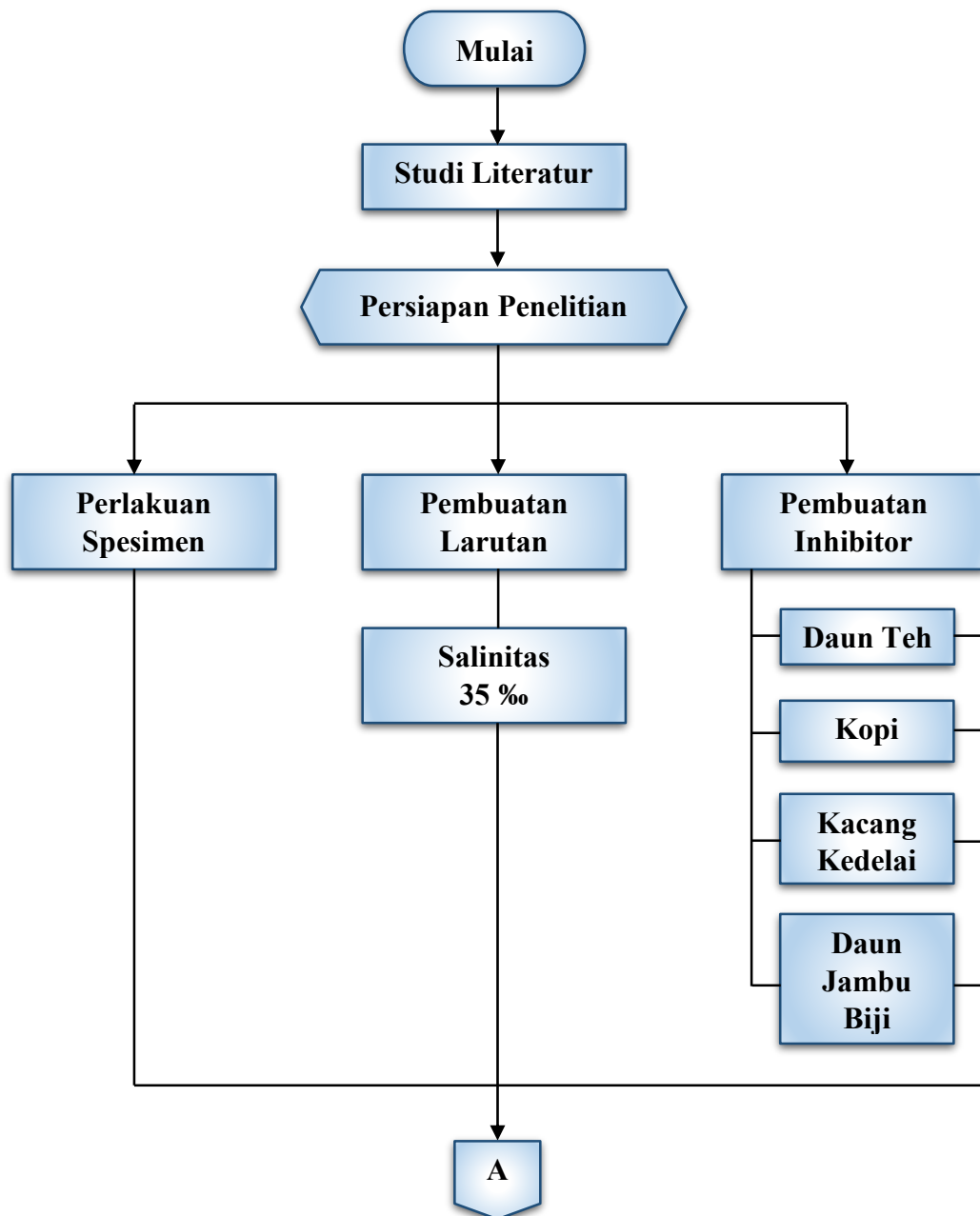
Struktur asam amino secara umum adalah satu atom C yang mengikat empat gugus: gugus amina ( $\text{NH}_2$ ), gugus karboksil ( $\text{COOH}$ ), atom hidrogen (H), dan satu gugus sisa (R, dari residue) atau disebut juga gugus atau rantai samping yang membedakan satu asam amino dengan asam amino lainnya.

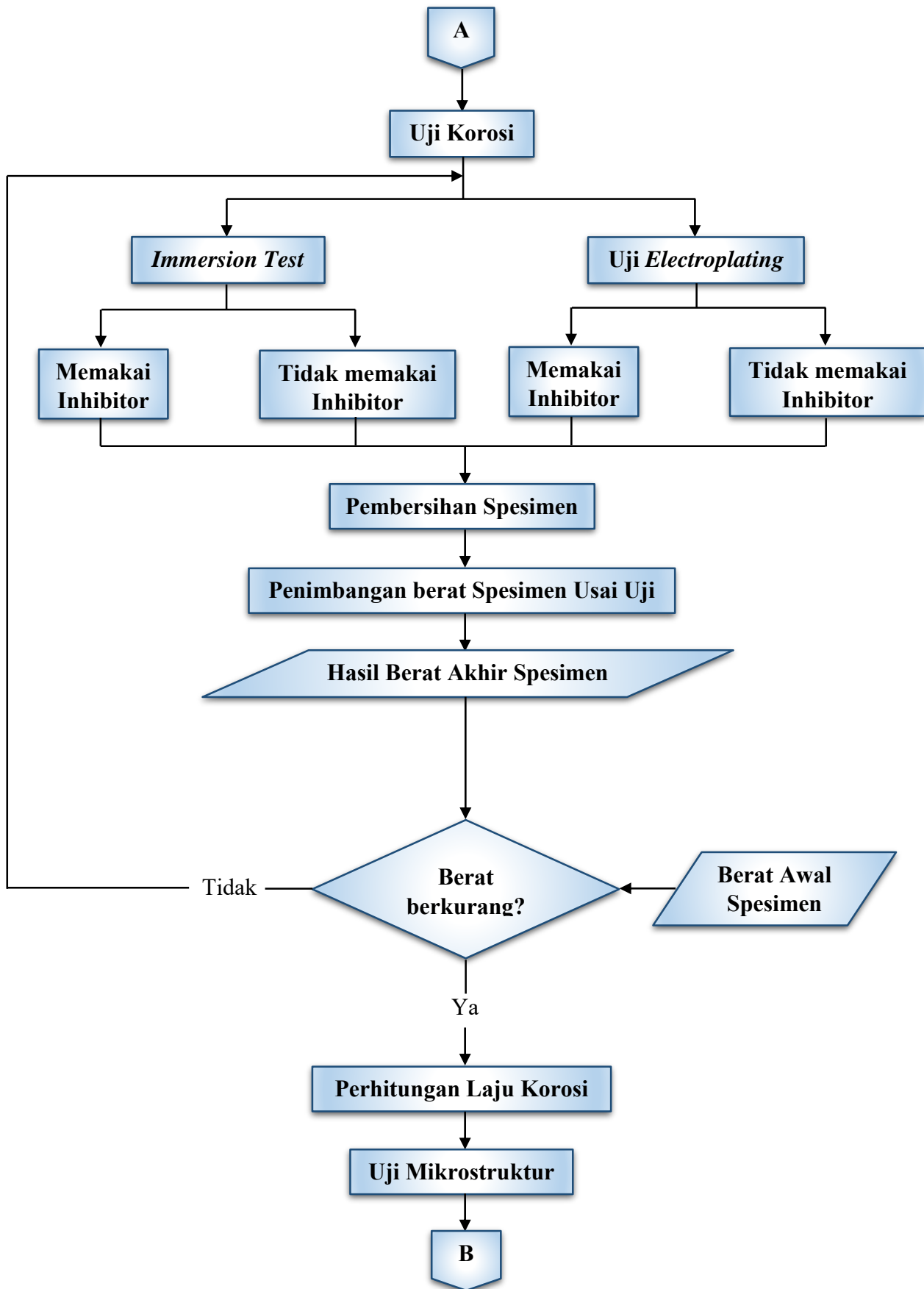
Atom C pusat tersebut dinamai atom  $\text{C}\alpha$  ("C-alfa") sesuai dengan penamaan senyawa bergugus karboksil, yaitu atom C yang berikatan langsung dengan gugus karboksil. Oleh karena gugus amina juga terikat pada atom  $\text{C}\alpha$  ini, senyawa tersebut merupakan asam  $\alpha$ -amino.

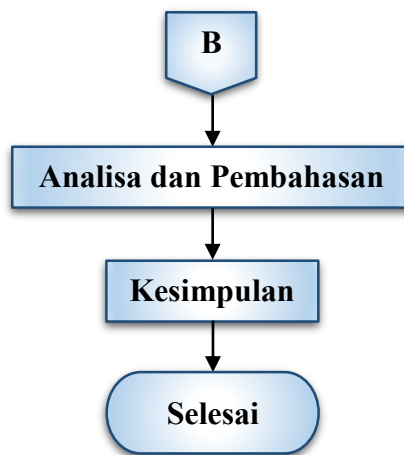
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Diagram alir digunakan untuk memudahkan pemahaman pembaca terhadap informasi mengenai penelitian tugas akhir yang dilakukan. Proses penelitian tugas akhir dapat dilihat pada diagram alir berikut:







Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

### 3.2 Prosedur Penelitian

Gambar prosedur penelitian diagram alir diatas dapat dijelaskan dengan sub bab berikut.

#### 3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari, mempelajari, serta memahami jurnal, buku-buku, dan laporan tugas akhir alumni baik dari institusi sendiri maupun dari institusi lain yang berkaitan dengan rumusan masalah, dasar teori dan data–data yang digunakan dalam tugas akhir ini. Literatur-literatur tersebut juga digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

#### 3.2.2 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan dengan mempersiapkan prosedur kerja mengenai penelitian laju korosi material pipa baja. Persiapan dilakukan di laboratorium milik Departemen D3 Teknik Kimia FTI-ITS dan laboratorium milik Departemen Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Selain itu, dalam tahap ini juga dipersiapkan alat serta bahan yang dibutuhkan selama pengujian laju korosi berlangsung.

##### I. Peralatan penelitian

Peralatan yang dipakai dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

- |  |                  |
|--|------------------|
| a. <i>Blender</i> atau mesin penghalus | c. Gelas ukur,   |
| b. Benang atau tali,                   | d. Beaker Glass, |
|  | e. Pipet tetes,  |

- |                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| f. Corong,                         | n. <i>Hot Plate</i> ,       |
| g. Kertas amplas,                  | o. Pisau,                   |
| h. Kertas saring                   | p. Sendok,                  |
| i. Timbangan digital,              | q. Tabung Elenmeyer,        |
| j. Spatula,                        | r. Pipa plastic kecil,      |
| k. Penjepit,                       | s. Statif.                  |
| l. Penggaris,                      | t. Wadah atau tabung kecil. |
| m. Pendingin tegak atau Kondensor, |                             |

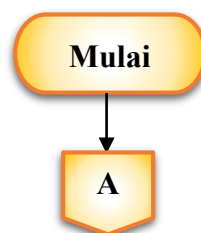
## II. Bahan penelitian

Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

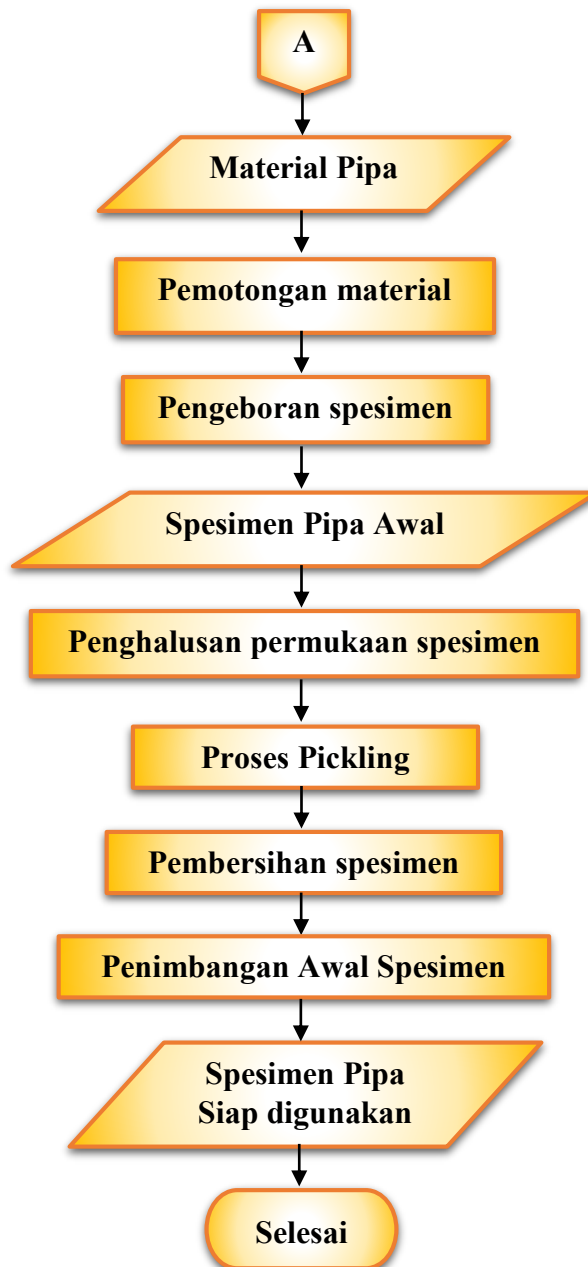
1. Bahan Spesimen, berupa:
  - a. Pipa A53
  - b. Pipa API 5L Grade B
2. Bahan baku inhibitor alami, berupa:
  - a. Daun Jambu Biji,
  - b. Kacang Kedelai,
  - c. Teh,
  - d. Kopi,
3. Larutan HCl,
4. NaCl,
5. N-Heksan,
6. Aquades.

### 3.2.3 Persiapan Spesimen

Spesimen yang digunakan merupakan bagian dari material pipa baja ASTM A 53 dan API 5L Grade B. Tahapan persiapan spesimen yang dilakukan dapat dilihat pada digram alir berikut.





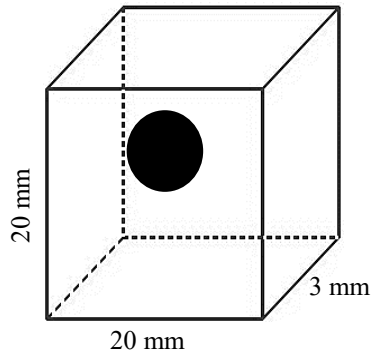


Gambar 3.2. Diagram Alir Pembuatan Spesimen

Proses yang ada pada di diagram alir dijelaskan lebih lanjut pada poin-poin berikut:

1. Pemotongan material

Material pipa baja yang digunakan untuk pembuatan pada penelitian ini berbentuk silinder terlebih dahulu dirolling lalu dipotong menjadi segi empat dengan ukuran 20 mm x 20 mm x 3 mm.



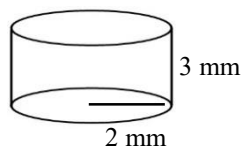
Gambar 3.3. Dimensi Spesimen untuk pengujian laju korosi



Gambar 3.4. Proses pemotongan material

Dari gambar 3.7 dapat dilihat bahwa setelah material dipotong dengan mesin gerinda, maka potongan material tersebut akan dihaluskan bagian tepinya dengan menggunakan permukaan bidang datar gerinda. Sehingga bagian pinggir potongan pipa tidak terlalu tajam saat dipegang. Selain itu kerak juga dipinggir sisa proses pemotongan dihilangkan agar pada saat terjadi korosi tidak berkonsentrasi di bagian tersebut.

## 2. Pengeboran spesimen



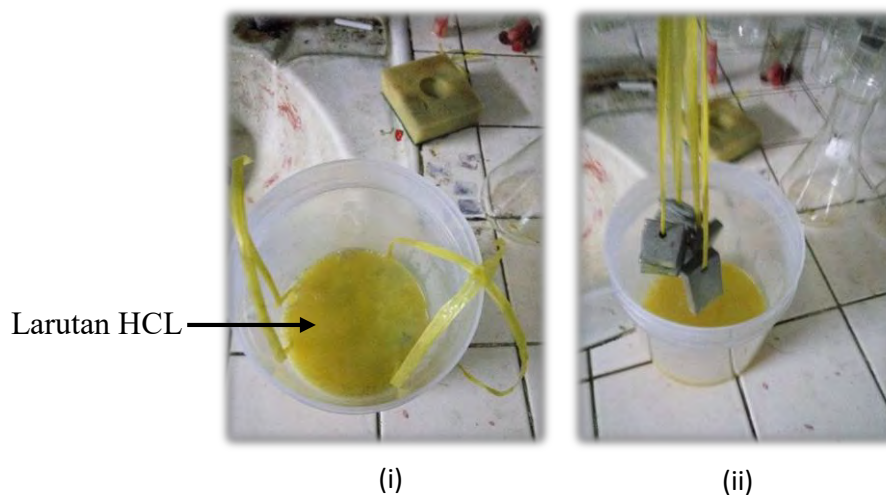
Gambar 3.5. Dimensi lubang untuk menggantung spesimen

Spesimen yang telah berbentuk coupon dengan ukuran 20 mm x 20 mm x 3 mm kemudian dibor di bagian sisi tengah atas spesimen yang berfungsi sebagai tempat menggantung spesimen.

### 3. Penghalusan Permukaan Spesimen

Proses penghalusan permukaan spesimen dilakukan dengan menggunakan kertas amplas dengan nomor #100 kemudian dilanjutkan dengan nomor #120. Dalam proses penghalusan menggunakan kertas amplas, dapat ditambahkan air untuk menghilangkan kerak yang sudah digosok agar terlihat bagian mana yang belum bersih. Pengamplasan ini bertujuan untuk menghilangkan lapisan coating yang melapisi permukaan produk. Selain itu, pengamplasan ini juga dilakukan untuk menghilangkan lapisan oksida pada spesimen.

### 4. Pickling Spesimen

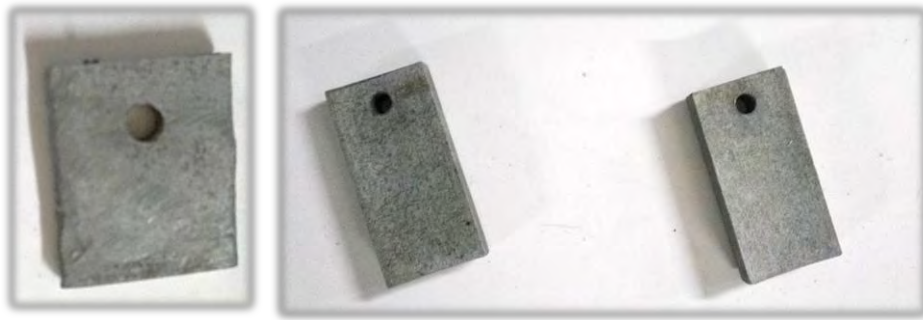


Gambar 3.6. (i) Proses pickling menggunakan larutan HCL (ii) Hasil dari proses pickling

Spesimen direndam menggunakan larutan HCL kurang lebih selama 5 menit. Pickling perlu dilakukan untuk menghilangkan kerak, lapisan coating, lapisan yang sudah terjadi korosi, dan kerak lain yang melekat pada spesimen. Dalam melakukan perlu diperhatikan agar menggunakan masker dan sarung tangan karena zat yang digunakan dalam proses *pickling* merupakan zat yang berbahaya bagi tubuh.

### 5. Pembersihan Spesimen

Setelah dilakukan proses *pickling*, maka dapat dilakukan pembersihan spesimen menggunakan air yang mengalir agar larutan HCL yang digunakan dapat hilang.



Gambar 3.7. Hasil pembersihan spesimen setelah proses pickling

Setelah dilakukan pencucian spesimen, maka spesimen dikeringkan terlebih dahulu agar pada saat dilakukan penimbangan berat awal tidak melakukan kesalahan karena adanya kandungan air di dalam spesimen. Pada gambar 3.10 merupakan hasil spesimen yang sudah di pickling dan sudah dibersihkan sehingga dapat digunakan untuk proses selanjutnya yaitu proses penimbangan berat awal spesimen.

#### 6. Penimbangan berat awal spesimen



Gambar 3.8. Penimbangan berat awal spesimen

Spesimen yang sudah bersih kemudian ditimbang untuk data berat awal pada perhitungan weight loss. Pada Gambar 3.11 penimbangan spesimen menggunakan alat timbangan elektrik di laboratorium. Setelah melakukan penimbangan berat, lebih baik spesimen di foto terlebih dahulu agar diketahui bentuk permukaan awal spesimen sebelum mengalami proses korosi.

### 3.2.4 Persiapan Larutan

Larutan yang dipakai untuk media korosi yaitu larutan air laut buatan yang dibuat dengan salinitas 35%. Dalam pengujian rendam

(immersion test) skala laboratorium, Berdasarkan ASTM G31-72, jumlah volume larutan untuk perendaman minimal adalah:

$$\text{Volume larutan} = (0.2 \text{ s/d } 0.4) \times \text{luas permukaan} \quad (3.1)$$

Oleh karena itu, sebelumnya harus diketahui terlebih dahulu luas permukaan spesimen yang akan diuji dengan menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$\text{Luas Permukaan} = (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \quad (3.2)$$

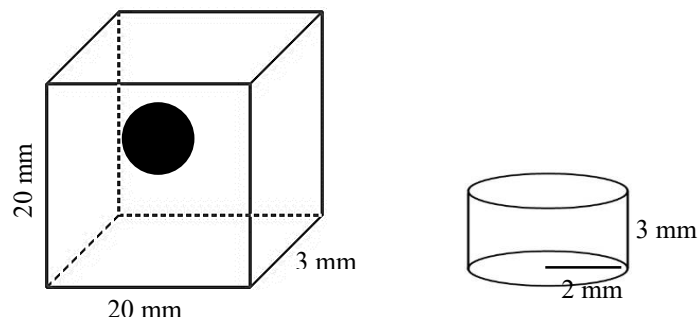
Keterangan:

$p$  = panjang spesimen (mm)

$l$  = lebar spesimen (mm)

$t$  = tebal spesimen (mm)

$r$  = jari-jari spesimen (mm)



Gambar 3.9. Dimensi Spesimen Uji

Berdasarkan rumus yang ada dan dimensi spesimen yang telah diukur sebelumnya, maka dapat dihitung jumlah volume larutan yang digunakan dalam pengujian:

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan} &= ((2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t)) \\ &\quad - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \\ &= ((2 \times 20 \times 20) + (2 \times 20 \times 3) + (2 \times 20 \times 3)) - (2\pi(2^2)) + \\ &\quad (3 \times 2\pi \times 2) \\ &= 1040 \text{ mm}^2 - 62.85 \text{ mm}^2 \\ &= 977.15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume larutan} &= (0.2 \text{ s/d } 0.4) \times \text{luas permukaan} \\
 &= (0.2 \times 977.15) - (0.4 \times 977.15) \\
 &= 195.43 \text{ ml} - 390.86 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

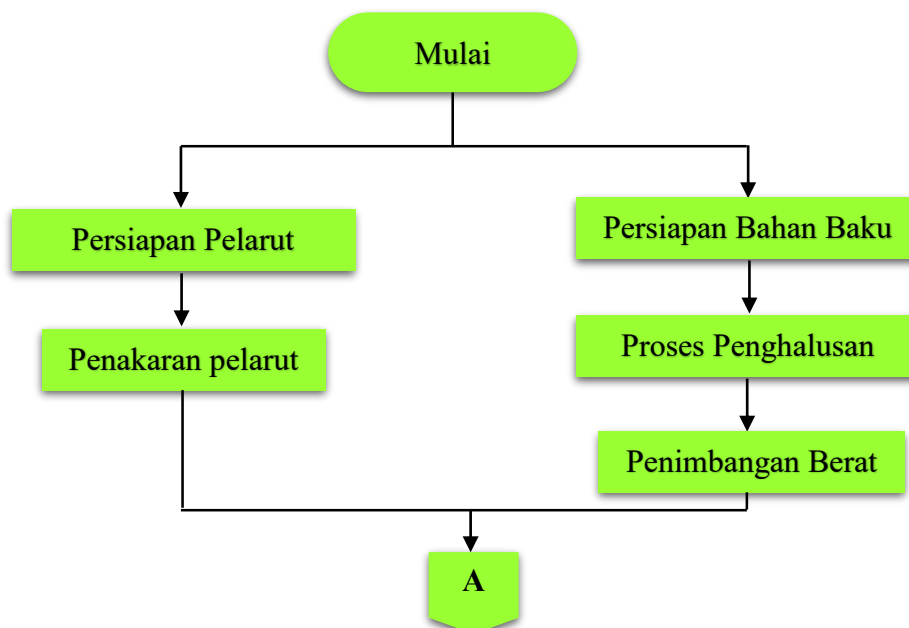
Dari perhitungan yang telah dilakukan dapat diperoleh bahwa volume larutan yang digunakan untuk merendam spesimen dengan ukuran 20 mm x 20 mm x 3 mm yakni sebesar 195.43 ml sampai dengan 390.86 ml.

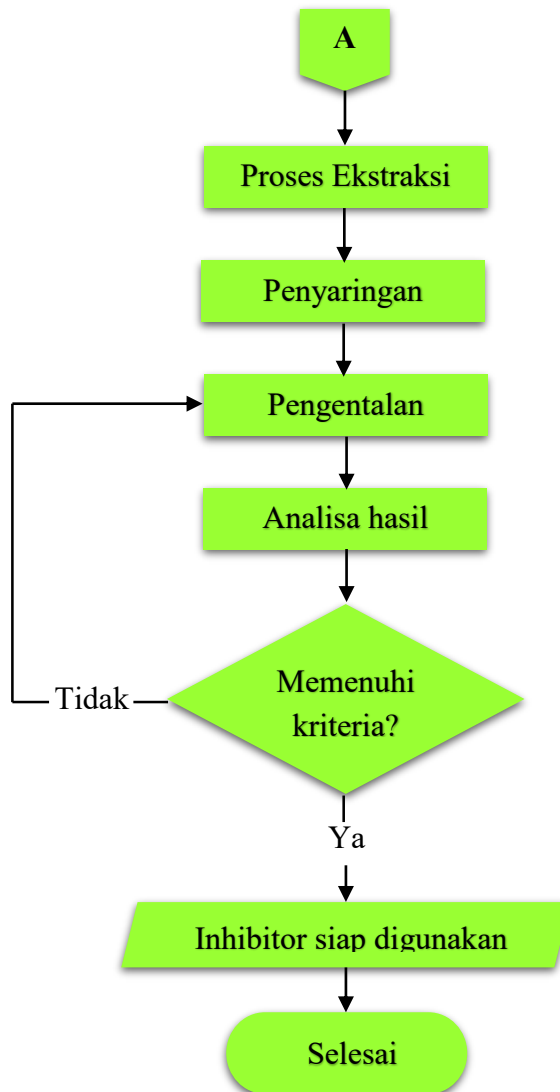
Proses pembuatan larutan air laut buatan yakni sebagai berikut:

- a. Persiapkan bahan dan peralatan pembuat larutan antara lain aquades, NaCl, *stirrer*, timbangan elektrik, gelas ukur, wadah karutan.
- b. Setelah semua bahan dipersiapkan maka lakukan penimbangan berat NaCl yang dibutuhkan.
- c. Kemudian takar aquades dengan gelas ukur sebanyak yang dibutuhkan.
- d. Campurkan NaCl dan aquades di dalam wadah larutan yang akan digunakan untuk wadah uji korosi
- e. Aduk dengan *stirrer* hingga tercampur dengan baik.

### 3.2.5 Preparasi Inhibitor

Preparasi inhibitor dilakukan dengan cara mengekstrak bahan baku inhibitor dengan menggunakan metode pendingin tegak atau refluks.





Gambar 3.10. Diagram alir proses pembuatan inhibitor secara umum

Berikut cara ekstraksi secara umum yang digunakan menggunakan metode refluks:

#### 3.2.5.1 Ekstrak Daun Jambu Biji

- Daun jambu biji yang sudah diperoleh dapat dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air mengalir.
- Daun yang sudah dibersihkan lalu dikeringkan dengan cara diangin-anginkan, hingga kering. Hal ini dilakukan agar kandungan air yang ada di dalam daun jambu biji dapat berkurang sehingga dapat mempermudah proses ekstraksi.
- Daun yang sudah kering selanjutnya dihaluskan menggunakan blender sampai terbentuk serbuk daun jambu biji. Daun jambu biji perlu dihaluskan

- agar proses ekstraksi lebih cepat dan lebih mudah karena bentuk serbuk yang lebih cepat larut dalam proses pemanasan. Sehingga zat yang ingin diekstrak dapat keluar lebih cepat daripada disaat bahan baku dalam bentuk aslinya.
- d. Serbuk daun jambu biji ditimbang hingga mencapai bobot 200 gram. Jumlah yang digunakan dalam ekstraksi ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan ekstraksinya sehingga semakin banyak hasil ekstraksi yang dibutuhkan akan semakin banyak pula bahan baku yang digunakan.
  - e. Serbuk daun jambu biji yang telah melalui proses penimbangan lalu direndam menggunakan N-heksan dengan volume 650 ml. Banyaknya pelarut yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan jumlah bahan baku yang digunakan dalam proses ekstraksi sehingga dapat membuat proses ekstraksi lebih efisien.
  - f. Rendaman daun jambu tersebut dipanaskan di atas *hotplate* dengan suhu tidak lebih dari 80°C.



Gambar 3.11. Proses Ekstraksi Daun Jambu biji

- Tiap pelarut memiliki karakteristik yang berbeda, maka harus diperhatikan suhu maksimum yang dimiliki oleh tiap pelarut yang digunakan.
- g. Hasil dari ekstraksi, disaring dengan menggunakan kertas saring. Padatan hasil ekstraksi dapat dibuang dan hasil ekstraksi yang digunakan yaitu berupa larutan ekstraksi hasil penyaringan.
  - h. Larutan hasil ekstraksi dikentalkan dengan cara dipanaskan sehingga larutan N-heksan yang ada dalam hasil ekstraksi dapat menguap dan berkurang.
  - i. Jika hasil ekstraksi masih banyak pelarutnya maka perlu diuapkan kembali agar didapat hasil ekstraksi yang bagus.



- j. Hasil ekstraksi yang siap digunakan berupa larutan minyak dengan karakteristik masing-masing.

#### 3.2.5.2 Ekstrak Kacang Kedelai

- a. Kacang kedelai yang diperoleh dihaluskan menggunakan blender sampai terbentuk serbuk kacang kedelai. Daun jambu biji perlu dihaluskan agar proses ekstraksi lebih cepat dan lebih mudah karena bentuk serbuk yang lebih cepat larut dalam proses pemanasan. Sehingga zat yang ingin diekstrak dapat keluar lebih cepat daripada disaat bahan baku dalam bentuk aslinya.
- b. Serbuk kacang kedelai ditimbang hingga mencapai bobot 200 gram. Jumlah yang digunakan dalam ekstraksi ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan ekstraksinya.



Gambar 3.12. Proses penimbangan berat bahan baku inhibitor kacang kedelai

Karena semakin banyak hasil ekstraksi yang dibutuhkan akan semakin banyak pula bahan baku yang digunakan.

- c. Serbuk kacang kedelai yang telah melalui proses penimbangan lalu direndam menggunakan N-heksan dengan volume 650 ml. Banyaknya pelarut yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan jumlah bahan baku yang digunakan dalam proses ekstraksi sehingga dapat membuat proses ekstraksi lebih efisien.
- d. Rendaman kacang kedelai tersebut dipanaskan di atas *hotplate* dengan suhu tidak lebih dari 80°C.



Gambar 3.13. Proses ekstraksi kacang kedelai dengan metode refluks

Tiap pelarut memiliki karakteristik yang berbeda, maka harus diperhatikan suhu maksimum yang dimiliki oleh tiap pelarut yang digunakan.

- e. Hasil dari ekstraksi, disaring dengan menggunakan kertas saring. Padatan hasil ekstraksi dapat dibuang dan hasil ekstraksi yang digunakan yaitu berupa larutan ekstraksi hasil penyaringan.



Gambar 3.14. Proses penyaringan hasil ekstraksi kacang kedelai

- f. Larutan hasil ekstraksi dikentalkan dengan cara dipanaskan sehingga larutan N-heksan yang ada dalam hasil ekstraksi dapat menguap dan berkurang.



Gambar 3.15. Proses pengentalan inhibitor

- g. Jika hasil ekstraksi masih banyak pelarutnya maka perlu diuapkan kembali agar didapat hasil ekstraksi yang bagus.
- h. Hasil ekstraksi yang siap digunakan berupa larutan minyak dengan karakteristik masing-masing.

#### 3.2.5.3 Ekstrak daun teh

- a. Dalam ekstraksi ini daun teh yang didapat berupa daun teh yang sudah dalam bentuk potongan daun teh kering.
- b. Daun teh yang telah diperoleh dapat dihaluskan menggunakan blender sampai terbentuk serbuk daun teh kering. Daun teh perlu dihaluskan agar proses ekstraksi lebih cepat dan lebih mudah karena bentuk serbuk yang lebih cepat larut dalam proses pemanasan. Sehingga zat yang ingin diekstrak dapat keluar lebih cepat daripada disaat bahan baku dalam bentuk aslinya.
- c. Serbuk daun teh ditimbang hingga mencapai bobot 200 gram. Jumlah yang digunakan dalam ekstraksi ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan ekstraksinya sehingga semakin banyak hasil ekstraksi yang dibutuhkan akan semakin banyak pula bahan baku yang digunakan.
- d. Serbuk daun teh yang telah melalui proses penimbangan lalu direndam menggunakan N-heksan dengan volume 650 ml. Banyaknya pelarut yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan jumlah bahan baku yang digunakan dalam proses ekstraksi sehingga dapat membuat proses ekstraksi lebih efisien.
- e. Rendaman teh tersebut dipanaskan di atas *hotplate* dengan suhu tidak lebih dari 80°C.



Gambar 3.16. Proses ekstraksi daun teh

Tiap pelarut memiliki karakteristik yang berbeda, maka harus diperhatikan suhu maksimum yang dimiliki oleh tiap pelarut yang digunakan.

- f. Hasil dari ekstraksi, disaring dengan menggunakan kertas saring. Padatan



Gambar 3.17 Residu ekstraksi daun teh

hasil ekstraksi menjadi residu yang dapat dibuang dan hasil ekstraksi yang digunakan yaitu berupa larutan ekstraksi hasil penyaringan.

- g. Larutan hasil ekstraksi dikentalkan dengan cara dipanaskan sehingga larutan N-heksan yang ada dalam hasil ekstraksi dapat menguap dan berkurang.



Gambar 3.18. Pemadatan hasil ekstraksi daun teh

- h. Jika hasil ekstraksi masih banyak pelarutnya maka perlu diuapkan kembali agar didapat hasil ekstraksi yang bagus.
- i. Hasil ekstraksi yang siap digunakan berupa larutan minyak dengan karakteristik masing-masing.

#### 3.2.5.4 Ekstrak kopi

- a. Kopi yang digunakan dalam proses ekstraksi ini sudah berupa serbuk sehingga tak perlu adanya proses penghalusan bahan menggunakan mesin *blender*.

- b. Kopi yang dipilih dalam bentuk serbuk halus bertujuan agar proses ekstraksi lebih cepat dan lebih mudah karena bentuk serbuk yang lebih cepat larut dalam proses pemanasan. Sehingga zat yang ingin diekstrak dapat keluar lebih cepat daripada disaat bahan baku dalam bentuk aslinya.
- c. Serbuk kopi ditimbang hingga mencapai bobot 200 gram. Jumlah yang digunakan dalam ekstraksi ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan ekstraksinya sehingga semakin banyak hasil ekstraksi yang dibutuhkan akan semakin banyak pula bahan baku yang digunakan.
- d. Serbuk kopi yang telah melalui proses penimbangan lalu direndam menggunakan N-heksan dengan volume 650 ml. Banyaknya pelarut yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan jumlah bahan baku yang digunakan dalam proses ekstraksi sehingga dapat membuat proses ekstraksi lebih efisien.
- e. Rendaman kopi tersebut dipanaskan di atas *hotplate* dengan suhu tidak lebih dari 80°C. Tiap pelarut memiliki karakteristik yang berbeda, maka harus diperhatikan suhu maksimum yang dimiliki oleh tiap pelarut yang digunakan.



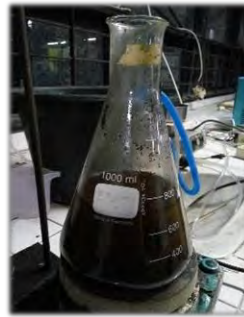
Gambar 3.19. Proses ekstraksi kopi dengan menggunakan metode refluks

- f. Hasil dari ekstraksi, disaring dengan menggunakan kertas saring. Padatan hasil ekstraksi dapat dibuang dan hasil ekstraksi yang digunakan yaitu berupa larutan ekstraksi hasil penyaringan.



Gambar 3.20. Proses Pemisahan padatan dan larutan ekstrak kopi

- g. Larutan hasil ekstraksi dikentalkan dengan cara dipanaskan sehingga larutan N-heksan yang ada dalam hasil ekstraksi dapat menguap dan berkurang.



Gambar 3.21. Proses pengentalan hasil ekstraksi kopi

- h. Jika hasil ekstraksi masih banyak pelarutnya maka perlu diuapkan kembali agar didapat hasil ekstraksi yang bagus.
- i. Hasil ekstraksi yang siap digunakan berupa larutan minyak dengan karakteristik masing-masing.

### 3.2.6 Proses Pengujian Korosi

Proses pengujian korosi dilakukan menggunakan spesimen dengan inhibitor dan spesimen tanpa inhibitor. Dalam pengujian perlu digunakan spesimen tanpa inhibitor sebagai pembandingan nilai hasil laju korosi, sehingga dapat diketahui apakah inhibitor yang digunakan berfungsi atau tidak.

Inhibitor yang akan digunakan pada permukaan spesimen ada empat macam antara lain inhibitor the, inhibitor daun jambu, inhibitor kacang kedelai, inhibitor kopi. Proses pengujian korosi dilakukan dengan dua metode yaitu metode *immersion test* atau uji rendam dan metode *electroplating*.

### 3.2.6.1 Immesion Test

*Immesion test* atau uji rendam material dilakukan dengan merendam material di dalam larutan air laut buatan selama 2 minggu. Proses yang perlu dilakukan antara lain:

- Persiapkan alat dan bahan untuk pengujian
- Timbang NaCl sebagai bahan baku larutan air laut buatan.



Gambar 3.22. Penimbangan NaCl

- Takar Aquades dengan gelas ukur sesuai ukuran yang dilakukan.
- Campurkan serbuk NaCl didalam aquades pada wadah pengujian.



Gambar 3.23. NaCl yang dicampur pada aquades

- Aduk larutan tersebut hingga merata.
- Siapkan material yang akan digunakan dalam pengujian.



Gambar 3.24. Material untuk pengujian



- g. Timbang berat material sebelum melakukan percobaan.



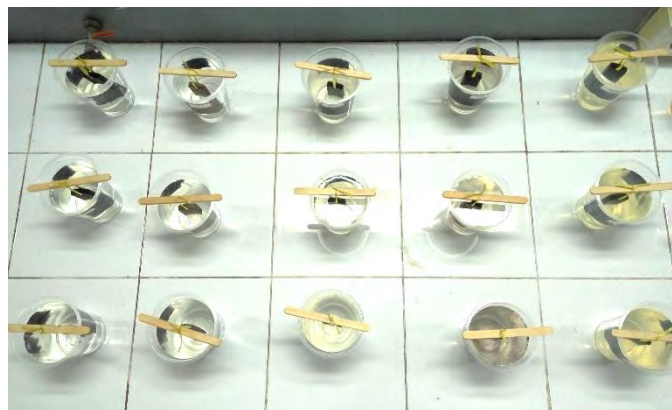
Gambar 3.25. Penimbangan material

- h. Timbang inhibitor sesuai yang dibutuhkan. Dalam tugas akhir ini berat inhibitor yang digunakan  $\pm 0.1$  gram.
- i. Oleskan inhibitor yang telah ditimbang pada permukaan material yang digunakan dalam pengujian.



Gambar 3.26. Spesimen yang telah diolesi inhibitor

- j. Setelah semua siap, maka ikat spesimen pada stik agar dapat digantung saat proses pengujian.



Gambar 3.27. Spesimen digantung pada stik

- k. Tunggu dalam waktu dua minggu atau empat belas hari.
- l. Setelah dilakukan proses pengujian, spesimen uji dapat diambil dari larutan kemudian dibersihkan.

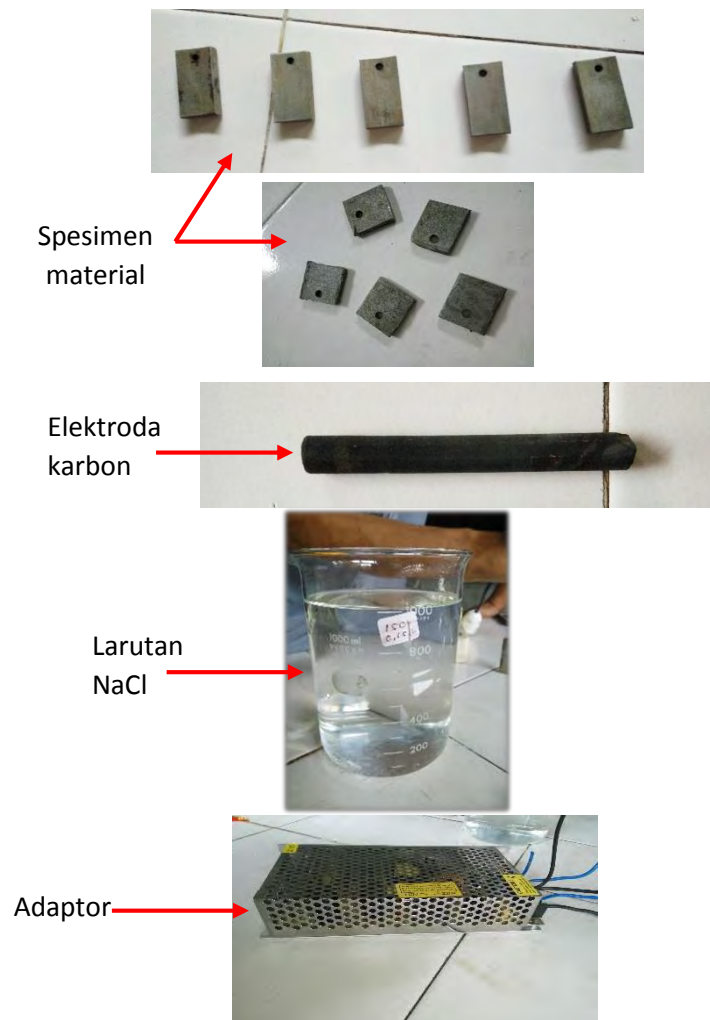


- m. Setelah spesimen dibersihkan, maka keringkan spesimen tersebut agar air yang ada dapat hilang.
- n. Jika sudah kering, spesimen dapat ditimbang untuk mengetahui berat akhir spesimen setelah dilakukan pengujian korosi.

### 3.2.6.2 Electroplating

Pengujian dilakukan dengan menggunakan aliran listrik 12 Volt. Aliran listrik ini digunakan untuk mempercepat proses terjadinya korosi. Dalam pengujian ini juga digunakan elektroda berupa elektroda karbon (C). Berikut langkah langkah pengujiannya:

- a. Siapkan alat (sumber listrik) dan bahan (inhibitor, material spesimen, larutan NaCl).



Gambar 3.28. Alat dan bahan untuk pengujian elektroplating

- b. Timbang berat spesimen material sebelum dilakukan percobaan

- c. Pasang alat sumber listrik terlebih dahulu
- d. Pasang elektroda pada kabel.
- e. Timbang berat inhibitor yang akan digunakan dalam proses pengujian
- f. Oleskan inhibitor pada permukaan material
- g. Pasang material pada kadel sumber listrik



Gambar 3.29. Proses pemasangan material pada sumber listrik

- h. Celupkan elektroda dan material uji ke dalam media korosi berupa larutan NaCl
- i. Setelah material dan elektroda dicelupkan, makan didupkan sumber listrik.
- j. Diamkan selama 30 menit dan 60 menit



Gambar3.30. Proses Korosi

- k. Setelah proses korosi selesai, ambil material pengujian dan bersihkan dengan air mengalir. Kerak dan lapisan dari elektroda karbon harus dibersihkan dahulu agar lapisan permukaan material yang mengalami korosi dapat terlihat.
- l. Keringkan material terlebih dahulu sebelum melakukan penimbangan berat. Hal ini dilakukan agar saat penimbangan berat akhir, berat air tidak ikut menjadi faktor kesalahan dalam penimbangan.



Gambar 3.31 Proses pengeringan Material

m. Menimbang berat akhir material spesimen setelah diuji korosi.

### **3.2.7 Pembersihan Spesimen**

Setelah dilakukan proses pengujian korosi, maka dilakukan proses pembersihan spesimen dengan menggunakan air yang mengalir. Hal ini perlu dilakukan agar kotoran akibat proses uji dapat dihilangkan sehingga bentuk korosi dapat terlihat. Setelah dibersihkan dengan air mengalir, maka spesimen dikeringkan terlebih dahulu agar pada tahap penimbangan tidak ada penambahan berat akibat adanya air yang ada pada spesimen.

### **3.2.8 Penimbangan Berat Spesimen**

Setelah spesimen dibersihkan dan dikeringkan, maka dapat dilakukan penimbangan berat spesimen usai dilakukan pengujian. Penimbangan berat di akhir usai pengujian

perlu dilakukan agar diketahui berapa berat yang hilang saat proses pengujian korosi berlangsung. Penimbangan berat menggunakan timbangan elektrik.

### **3.2.9 Analisa Berat**

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap hasil dari dua jenis penimbangan yang telah dilakukan. Dua jenis penimbangan yang dimaksud yaitu penimbangan awal sebelum dilakukan uji korosi dan penimbangan akhir setelah dilakukan proses pengujian korosi. Analisa yang dilakukan yakni membandingkan apakah berat spesimen mengalami penurunan, tetap, atau bertambah karena beberapa faktor tertentu. Jika berat spesimen mengalami penurunan maka dapat dilakukan proses selanjutnya yakni proses perhitungan laju korosi. Namun, apabila tidak terjadi penurunan atau terjadi penambahan berat maka sebaiknya dilakukan proses

penimbangan ulang jika dirasa ada yang salah dalam proses penimbangan atau dilakukan proses pengujian ulang jika memang perlu dilakukan.

### 3.2.10 Perhitungan Laju Korosi

Setelah dilakukan proses perendaman spesimen ke dalam larutan lalu dibersihkan. Proses pengambilan hasil uji dapat dilakukan dengan menimbang berat akhir spesimen. Setelah itu, dilakukan perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode kehilangan berat atau metode *weight loss*. Rumus perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode kehilangan berat atau *weight loss* sesuai dengan ASTM G1-72 yakni:

$$\text{Laju Korosi} = \frac{KW}{DAT}$$

Keterangan:

$K$  = Konstanta laju korosi ( $3,45 \times 10^6$ )

$W$  = Massa yang hilang (g)

$D$  = Luas permukaan spesimen ( $\text{cm}^2$ )

$A$  = Waktu perendaman (jam)

$T$  = Densitas spesimen ( $\text{g/cm}^3$ )

### 3.2.11 Uji Mikrostruktur

Pengujian Mikrostruktur dilakukan untuk mengetahui bentuk struktur mikro dari material spesimen uji. Dalam pengujiannya digunakan mesin polisher, mikroskop, kamera mikroskopik, amplas no #80 sampai dengan no #2000. Larutan yang digunakan untuk pengujian mikrostruktur yaitu alcohol 95% dan  $\text{HNO}_3$ . Larutan ini digunakan untuk membersihkan permukaan spesimen uji mikrostruktur agar permukaan yang diuji dapat terlihat struktur mikronya.

Dalam pengujian mikrostruktur perlu diperhatikan ukuran dari spesimen. Apabila ukuran spesimen uji terlalu kecil maka perlu dibuat bingkai agar mempermudah proses pengujian. Namun, apabila ukuran spesimen uji mencukupi maka tak perlu dilakukan pembuatan bingkai. Dalam tugas akhir ini, karena spesimen yang digunakan berukuran kecil maka perlu dibuat bingkai agar dalam proses pengujian dapat lebih mudah. Langkah langkah pembuatan bingkai spesimen yaitu:

a. Alat dan Bahan:

1. Resin

2. Catalist
3. Cetakan
4. Pengaduk
5. Wadah pencampur
6. Alas mika
7. Lem perekat.

Langkah-langkah pengujian mikroskop yaitu:

1. Siapkan alat dan bahan
2. Tempelkan cetakan ke plastik mika sebagai alasnya dengan lem perekat



Gambar 3.32. Cetakan resin yang telah dilem dengan perekat

3. Diamkan selama 2 jam.
4. Tuang  $\frac{1}{2}$  kg resin ke dalam wadah pencampur



Gambar 3.33. Resin untuk pembuatan bingkai

5. Tuang 1 pipet *catalyst*  $\pm 3.0$  ml ke dalam wadah pencampur



Gambar 3.34. Catalyst untuk campuran resin dan pipet untuk takarannya

6. Aduk hingga tercampur
7. Siapkan cetakan untuk bingkai



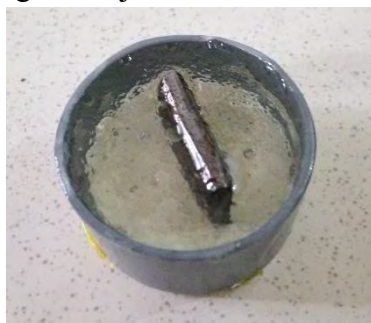
Gambar 3.35. Cetakan yang siap digunakan

8. Tuang campuran resin ke dalam cetakan



Gambar 3.36. Menuangkan campuran resin ke dalam cetakan

9. Letakkan spesimen material ditengah-tengah cetakan
10. Diamkan selama  $\pm 48$  jam.
11. Keluarkan resin yang sudah jadi dari cetakan



Gambar 3.37. Spesimen dibingkai resin yang sudah jadi

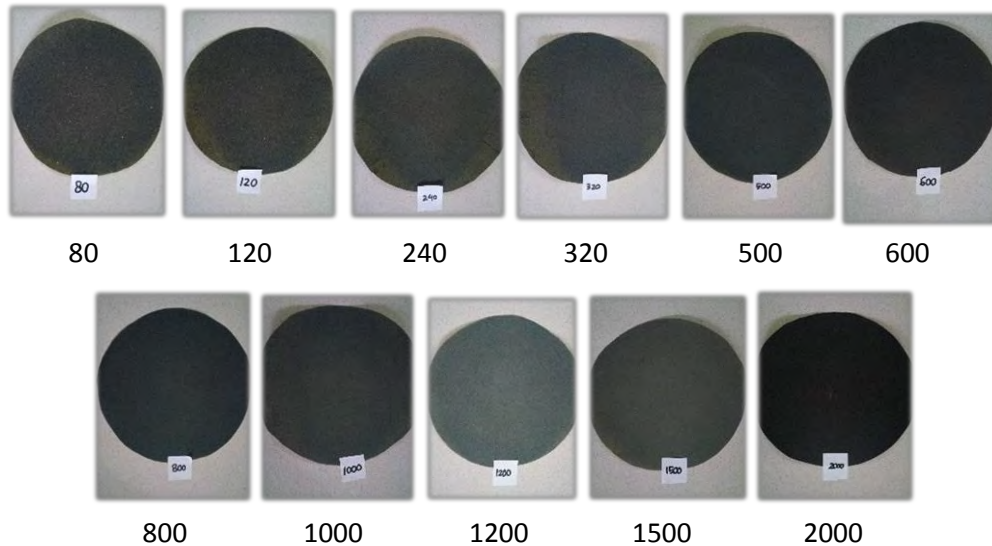
12. Material dan bingkai bisa digunakan untuk proses pengujian mikrostruktur

Setelah selesai pembuatan bingkai spesimen, maka proses pengujian mikrostruktur dapat dikerjakan. Langkah-langkah pengerjaan pengujian mikrostruktur antara lain:

1. Siapkan alat dan bahan



2. Siapkan spesimen yang telah dibingkai
3. Lakukan proses polishing dengan menggunakan mesin polisher. Pada tahap ini digunakan terlebih dahulu amplas #80, #120, #240, #320, #500, #600, #800, #1000, #1200, #1500, dan #2000.



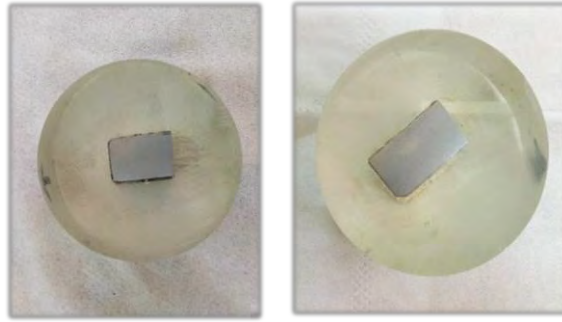
Gambar 3.38. Ukuran kertas amplas yang digunakan untuk foto mikrostruktur

4. Perlu diingat bahwa pada saat proses polishing, harus tetap dialirkan air agar mempermudah proses polishing.



Gambar 3.39. Proses *polishing*

5. Ketika selesai polishing sebaiknya permukaan dibersihkan dengan tissue.
6. Setelah proses polishing selesai, maka spesimen dapat digunakan untuk pengujian foto mikrostruktur.
7. Sebelum melakukan foto mikrostruktur, oleskan terlebih dahulu kapas yang sudah dicelupkan pada campuran alcohol 95% dan larutan  $\text{HNO}_3$ . Larutan ini berfungsi sebagai pembersih permukaan material spesimen sehingga struktur mikro dari spesimen dapat terlihat dengan jelas.



Gambar 3.40. Penampakan material spesimen setelah dilakukan *polishing*

8. Aktifkan mikroskop dan nyalakan lampu mikroskop
9. Sambungkan mikroskop dengan komputer melalui kabel penghubung.
10. Nyalakan komputer dan buka *software* “Scape Photo” sebagai *software* foto mikrostruktur.
11. Letakkan spesimen diatas meja preparat dan letakkan penjepit diatas spesimen agar spesimen tidak bergerak.



Gambar 3.41. Spesimen diatas meja *preparat*

12. Dekatkan lensa pembesar yang dipilih pada permukaan spesimen yang ingin difoto. Mulailah dengan lensa pembesar dengan perbesaran lensa 100x dan disusul dengan perbesaran lensa 400x. Fokuskan lensa untuk memperjelas bidang permukaan yang ingin difoto. Pada saat memfokuskan lensa perlu dilihat pula hasil yang muncul di layar monitor sehingga kita dapat memperoleh bidang yang tepat.
13. Jika sudah didapatkan bidang permukaan yang diinginkan, perbesaran yang dikehendaki, dan fokus yang tepat maka klik gambar “camera” pada layar monitor. Pada saat memfoto usahakan spesimen tidak bergerak agar hasil yang diinginkan dapat diperoleh.



14. Jika sudah sudah memfoto bidang permukaan yang diinginkan maka simpan pada *drive* komputer yang dikehendaki.

#### **3.2.12 Analisa dan Pembahasan**

Menganalisa hasil yang didapat dari pengujian yang telah dilakukan. Analisa karakteristik dilakukan dengan membandingkan hasil korosi pada material pipa berdasarkan hasil pengambilan gambar produk mikroskop. Setelah itu dilakukan perbandingan hasil korosi pada media korosi yang telah divariasi.

#### **3.2.13 Kesimpulan**

Menyimpulkan hasil dan analisa yang didapat dari proses uji laju korosi. Menuliskan saran terhadap percobaan yang telah dilakukan guna memberikan saran yang mungkin dapat digunakan dalam perbaikan di percobaan berikutnya dan memberikan saran ide untuk penelitian lebih lanjut.

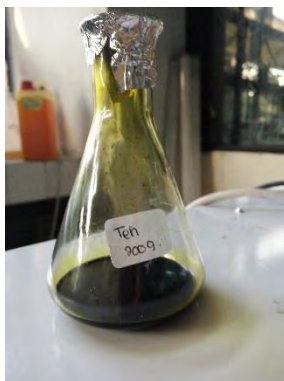
## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Pembuatan Inhibitor Alami**

Setelah dilakukan proses ekstraksi bahan alami menjadi inhibitor korosi, maka diperoleh ekstrak bahan alami yang dapat diaplikasikan sebagai inhibitor alami korosi pada material pipa baja.

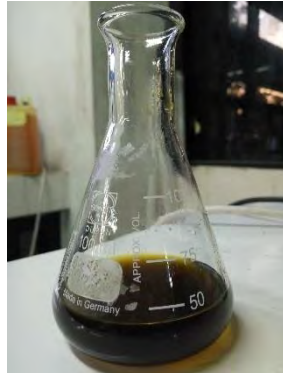
##### **4.1.1 Daun Teh**



Gambar 4.1. Inhibitor daun teh

Hasil ekstrak daun teh kering yang dijadikan inhibitor berupa pasta berminyak berwarna hijau kehitaman. Aroma teh yang ada pada hasil inhibitor sangat kuat. Ketika diaplikasikan pada permukaan material spesimen, warna yang melekat pada permukaan tersebut yaitu hijau kehitaman. Inhibitor yang dihasilkan dari ekstraksi daun teh ini berupa cairan yang sangat pekat. Kandungan yang dimiliki oleh inhibitor ini berupa kandungan senyawa tanin. Senyawa tanin inilah yang akan membantu proses untuk menghambat laju korosi. Senyawa tanin yang terkandung akan membentuk lapisan yang tersusun dari senyawa kompleks. Lapisan tersebut menghalangi interaksi antara media korosi dengan permukaan material. Inhibitor akan tetap dapat menghambat laju korosi selama lapisan yang terbentuk masih ada, namun apabila lapisan tersebut sudah hilang, maka proses korosi pun dapat terjadi. Selain itu, inhibitor daun teh ini bila diaplikasikan pada permukaan material, inhibitor tersebut akan melekat kuat pada material tersebut. Hal ini terjadi karena inhibitor memiliki daya rekat pada material yang kuat karena sifat fisik dari inhibitor tersebut sangat pekat. Sehingga, dalam proses menghambat korosi, inhibitor teh dapat bekerja dengan baik.

#### 4.1.2 Kopi



Gambar 4.2. Inhibitor Kopi

Inhibitor kopi yang merupakan hasil ekstraksi bubuk kopi menunjukkan warna coklat kehitaman yang lebih jernih dibanding dengan kopi bubuk pada umumnya. Hal ini terjadi karena bubuk kopi sudah melalui proses ekstraksi sehingga ada komponen yang ada di dalam kopi hilang karena adanya proses ekstraksi. Inhibitor ini dihasilkan dari proses ekstraksi pendinginan tegak dengan pelarut N-Heksan. Aroma kopi masih tercium kuat pada inhibitor yang dihasilkan. Senyawa yang digunakan atau yang terkandung di dalam inhibitor kopi ini yaitu senyawa kafeina. Senyawa kafeina inilah yang akan membantu dalam proses menghambat laju korosi yang terjadi pada permukaan material. Senyawa kafeina akan membentuk lapisan tipis di permukaan material. Lapisan kafeina inilah yang dapat menghambat laju korosi pada material. Ketika lapisan kafeina tersebut sudah hilang, maka proses korosi pun dapat terjadi karena adanya interaksi antara material dengan media korosi.

#### 4.1.3 Kacang Kedelai



Gambar 4.3. Inhibitor Kacang Kedelai

Inhibitor kacang kedelai berwarna orange kental dengan aroma kedelai yang cukup kuat. Warna yang dihasilkan tidak sama dengan warna kacang kedelai saat berwujud biji yang berwarna kuning. Ada pelarut yang dicampurkan pada saat proses ekstraksi membuat warna kacang kedelai berubah dan wujud inhibitor yang dihasilkan sedikit pekat dibanding dengan kopi yang lebih cair. Senyawa yang terkandung di dalam inhibitor ekstrak kacang kedelai yaitu senyawa asam amino. Senyawa asam amino tersebut akan membentuk lapisan tipis pada permukaan material yang berfungsi sebagai pelindung permukaan material terhadap media korosi sehingga tidak terjadi interaksi kimia yang dapat menyebabkan terjadinya proses korosi. Namun, apabila lapisan pelindung material tersebut sudah hilang, maka proses korosi pun terjadi karena material dan media korosi akan berinteraksi secara kimia.

#### 4.1.4 Daun Jambu



Gambar 4.4. Inhibitor Daun Jambu

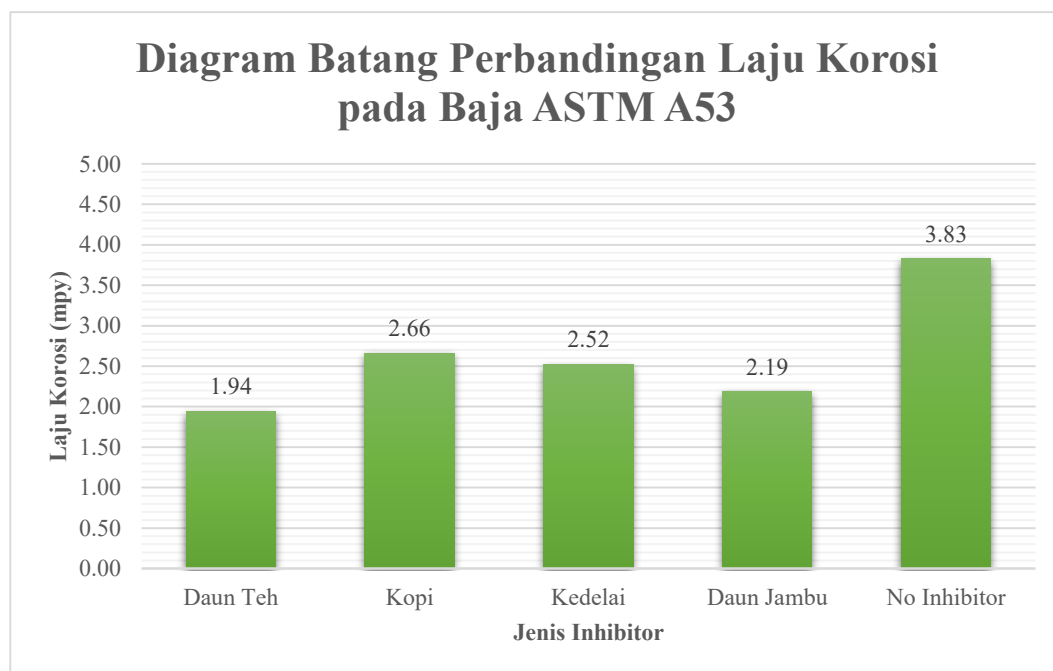
Inhibitor daun jambu berwarna coklat kehitaman yang cukup pekat dan aroma yang dihasilkan kurang sedap. Wujud inhibitor lebih kental dan lebih pekat dibanding inhibitor kopi dan inhibitor kacang kedelai. Inhibitor daun jambu memiliki ciri khas yaitu apabila diaplikasikan ke permukaan material maka akan meninggalkan warna hitam pada material yang cukup sulit untuk dihilangkan. Inhibitor yang dihasilkan dari ekstraksi daun jambu ini berupa cairan yang sangat pekat. Kandungan yang dimiliki oleh inhibitor ini berupa kandungan senyawa tanin. Senyawa tanin inilah yang akan membantu proses untuk menghambat laju korosi. Senyawa tanin yang terkandung akan membentuk lapisan yang tersusun dari senyawa kompleks. Lapisan tersebut menghalangi interaksi antara media korosi

dengan permukaan material. Inhibitor akan tetap dapat menghambat laju korosi selama lapisan yang terbentuk masih ada, namun apabila lapisan tersebut sudah hilang, maka proses korosi pun dapat terjadi. Selain itu, inhibitor daun jambu ini bila diaplikasikan pada permukaan material, inhibitor tersebut akan melekat kuat pada material tersebut. Hal ini terjadi karena inhibitor memiliki daya rekat pada material yang kuat karena sifat fisik dari inhibitor tersebut sangat pekat. Sehingga, dalam proses menghambat korosi, inhibitor jambu dapat bekerja dengan baik.

## 4.2 Hasil Percobaan Korosi dengan Metode Rendam

Hasil pengujian dapat diperoleh setelah melakukan pengujian dengan metode rendam selama 14 hari. Pada hari pertama perendaman belum ada tanda-tanda proses korosi berlangsung, namun pada hari berikutnya sampai pada hari ke-14 terdapat perubahan pada permukaan material uji dan perubahan yang terjadi pada larutan rendam yang lebih keruh dibanding hari pertama pengujian.

### 4.2.1 Material ASTM A53

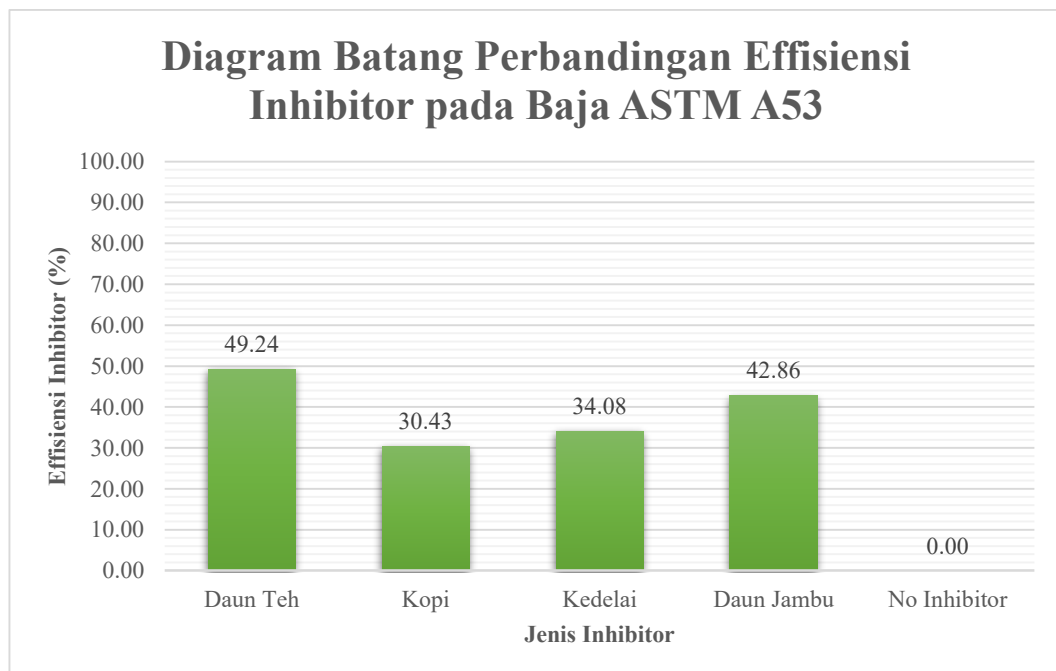


Gambar 4.5. Diagram batang perbandingan laju korosi pada baja ASTM A53 dengan metode rendam

Pada gambar 4.5, dapat diketahui bahwa laju korosi paling rendah yaitu pada material spesimen yang diolesi dengan inhibitor teh sebesar 1.94 mpy kemudian daun jambu sebesar 2.19 mpy. Selisih laju korosi spesimen yang

menggunakan inhibitor teh dan spesimen yang menggunakan inhibitor daun jambu yaitu sebesar 0.25 mpy. Walaupun perbedaan yang dihasilkan cukup sedikit namun hal ini perlu dipertimbangkan saat digunakan dalam keadaan yang sebenarnya.

Inhibitor daun teh dan inhibitor daun jambu dapat menghambat laju korosi lebih baik karena inhibitor tersebut memiliki daya rekat pada permukaan material yang lebih baik dibanding dengan dua inhibitor yang lain. Inhibitor kopi dan inhibitor kacang kedelai lebih mudah terurai dan bereaksi dengan larutan air laut buatan karena inhibitor tersebut memiliki daya rekat yang rendah. Sehingga baik inhibitor kopi dan inhibitor kacang kedelai sama-sama kurang maksimal dalam menghambat proses korosi pada material ASTM A53 di dalam media air laut buatan.



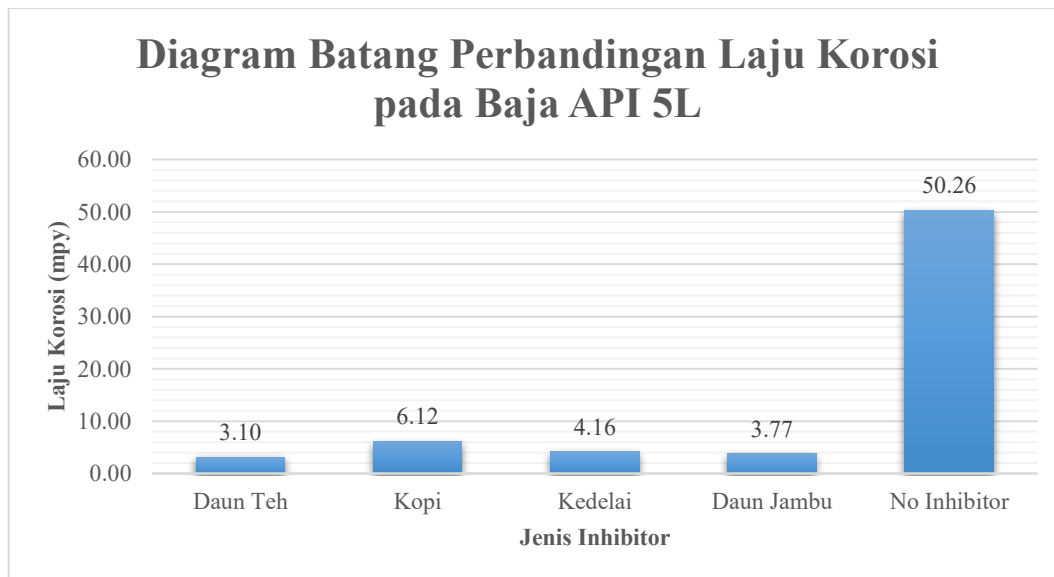
Gambar 4.6. Diagram batang perbandingan Effisiensi Inhibitor pada baja ASTM A53

Dari gambar 4.6 dapat diketahui bahwa inhibitor daun teh memiliki nilai efisiensi paling tinggi dibanding dengan inhibitor yang lain. Namun, walaupun inhibitor daun teh memiliki nilai efisiensi inhibitor yang tinggi, nilai yang dimiliki hanya sampai 49.24 %. Sehingga dari empat inhibitor yang digunakan tidak ada yang memiliki nilai inhibisi yang baik untuk menghambat proses korosi.

Kopi memiliki nilai inhibisi yang paling rendah yaitu hanya sebesar 30.43% sedangkan kacang kedelai hanya memiliki nilai inhibisi sebesar 34.08%. Inhibitor

Kopi memiliki nilai inhibisi sebesar 42.86 % memiliki selisih sekitar 6% dengan nilai inhibisi daun teh yakni sebesar 49.24%. Material yang tidak menggunakan inhibitor memiliki tingkat korosi yang paling tinggi karena tidak ada yang melindungi permukaan material spesimen tersebut.

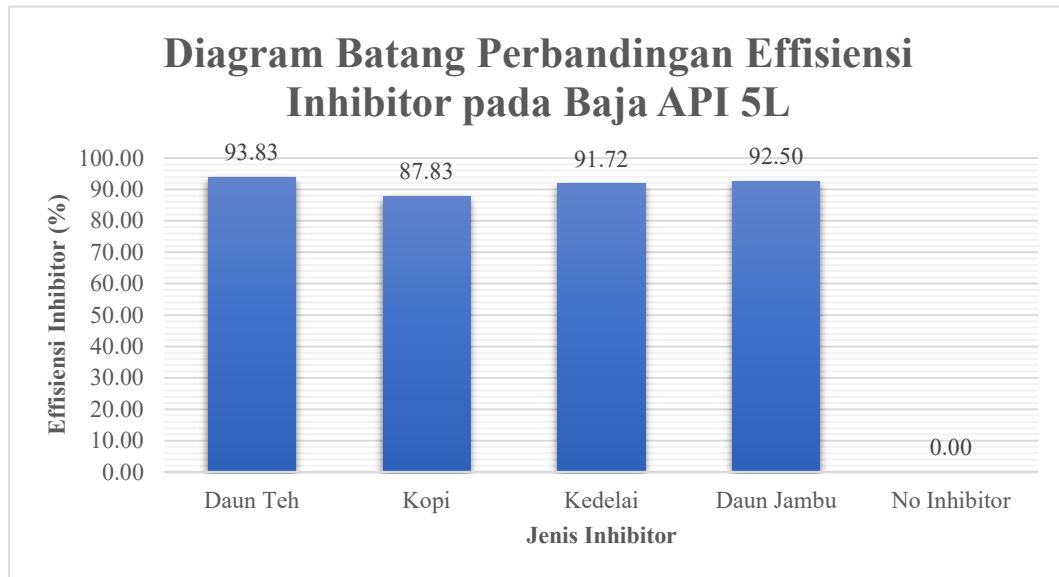
#### 4.2.2 Material ASTM API 5L



Gambar 4.7. Diagram batang perbandingan laju korosi pada baja ASTM API 5L dengan metode rendam

Pada gambar 4.7, dapat diketahui bahwa laju korosi paling rendah yaitu pada material spesimen yang diolesi dengan inhibitor teh sebesar 3.10 mpy kemudian daun jambu sebesar 3.77 mpy. Selisih laju korosi spesimen yang menggunakan inhibitor teh dan spesimen yang menggunakan inhibitor daun jambu yaitu sebesar 0.67 mpy. Walaupun perbedaan yang dihasilkan cukup sedikit namun hal ini perlu dipertimbangkan saat digunakan dalam keadaan yang sebenarnya.

Inhibitor daun teh dan inhibitor daun jambu dapat menghambat laju korosi lebih baik karena inhibitor tersebut memiliki daya rekat pada permukaan material yang lebih baik dibanding dengan dua inhibitor yang lain. Inhibitor kopi dan inhibitor kacang kedelai lebih mudah terurai dan bereaksi dengan larutan air laut buatan karena inhibitor tersebut memiliki daya rekat yang rendah. Sehingga baik inhibitor kopi dan inhibitor kacang kedelai sama-sama kurang maksimal dalam menghambat proses korosi pada material API 5L di dalam media air laut buatan.



Gambar 4.8. Diagram batang perbandingan Effisiensi Inhibitor pada baja API 5L

Dari gambar 4.8 dapat diketahui bahwa inhibitor daun teh memiliki nilai efisiensi paling tinggi dibanding dengan inhibitor yang lain. Nilai efisiensi yang dimiliki inhibitor daun teh sangat tinggi mencapai 93.83% dan dilanjutkan dengan nilai inhibitor daun jambu 92.50%. Dari nilai efisiensi inhibitor yang dimiliki oleh inhibitor daun teh dan Daun Jambu maka dapat dikatakan bahwa kedua inhibitor ini merupakan inhibitor yang baik untuk proses menghambat korosi.

Kopi memiliki nilai inhibisi yang paling rendah yaitu hanya sebesar 87.83% sedangkan kacang kedelai memiliki nilai inhibisi sebesar 91.72%. Inhibitor Kopi memiliki nilai inhibisi sebesar 87.83 % memiliki selisih sekitar 6% dengan nilai inhibisi daun teh yakni sebesar 93.83%. Material yang tidak menggunakan inhibitor memiliki tingkat korosi yang paling tinggi karena tidak ada yang melindungi permukaan material spesimen tersebut.

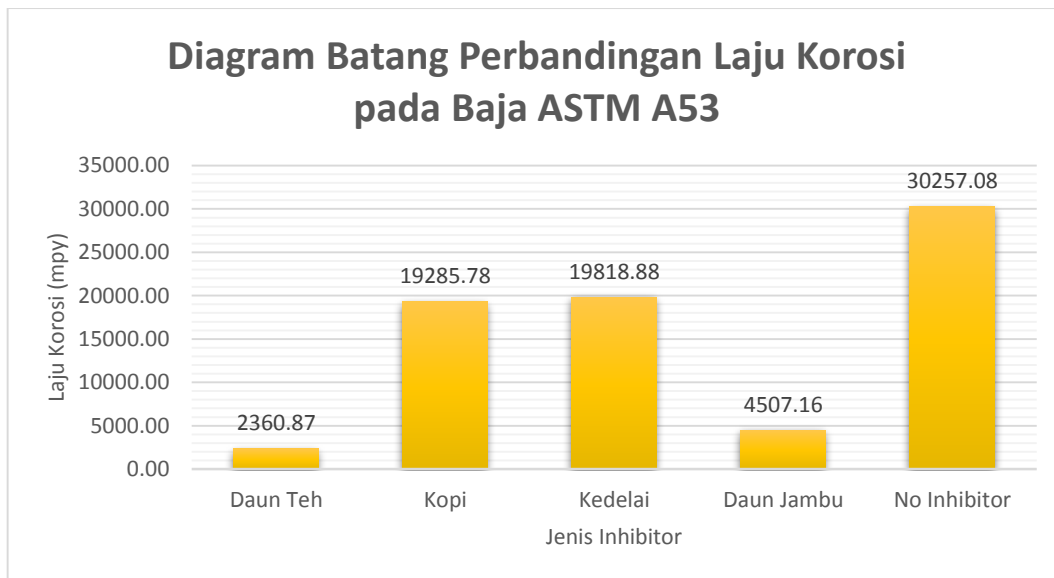
### 4.3 Hasil Percobaan Korosi dengan Metode *Electroplating*

#### 4.3.1 Material ASTM A53

Pada gambar 4.9, dapat diketahui bahwa laju korosi paling rendah yaitu pada material spesimen yang diolesi dengan inhibitor teh sebesar 2360.87 mpy kemudian daun jambu sebesar 4507.16 mpy. Selisih laju korosi spesimen yang menggunakan inhibitor teh dan spesimen yang menggunakan inhibitor daun jambu yaitu sebesar 2146.29 mpy. Walaupun perbedaan yang dihasilkan cukup sedikit

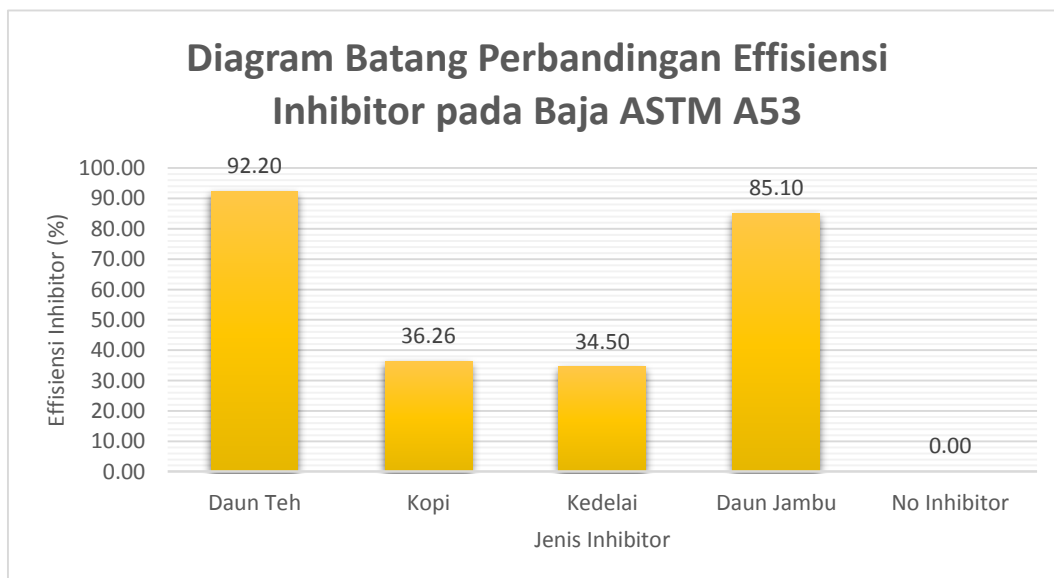


namun hal ini perlu dipertimbangkan saat digunakan dalam keadaan yang sebenarnya.



Gambar 4.9. Diagram batang perbandingan laju korosi pada baja ASTM A53

Inhibitor daun teh dan inhibitor daun jambu dapat menghambat laju korosi lebih baik karena inhibitor tersebut memiliki daya rekat pada permukaan material yang lebih baik dibanding dengan dua inhibitor yang lain. Inhibitor kopi dan inhibitor kacang kedelai lebih mudah terurai dan bereaksi dengan larutan air laut buatan karena inhibitor tersebut memiliki daya rekat yang rendah. Sehingga baik



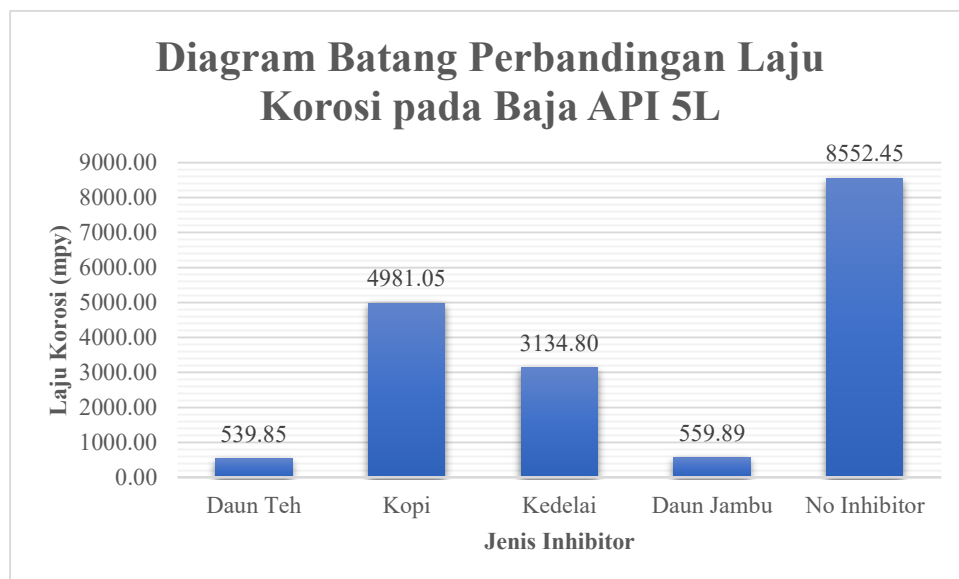
Gambar 4.10. Diagram batang perbandingan Effisiensi Inhibitor pada baja ASTM A53

inhibitor kopi dan inhibitor kacang kedelai sama-sama kurang maksimal dalam menghambat proses korosi pada material ASTM A53 di dalam media air laut buatan.

Dari gambar 4.10 dapat diketahui bahwa inhibitor daun teh memiliki nilai efisiensi paling tinggi dibanding dengan inhibitor yang lain. Nilai efisiensi yang dimiliki inhibitor daun teh sangat tinggi mencapai 95.48% dan dilanjutkan dengan nilai inhibitor daun jambu 85.77%. Dari nilai efisiensi inhibitor yang dimiliki oleh inhibitor daun teh dan Daun Jambu maka dapat dikatakan bahwa kedua inhibitor ini merupakan inhibitor yang baik untuk proses menghambat korosi.

Kopi memiliki nilai inhibisi yang paling rendah yaitu hanya sebesar 32.14% sedangkan kacang kedelai hanya memiliki nilai inhibisi sebesar 34.48%. Inhibitor Kopi memiliki nilai inhibisi sebesar 32.14 % memiliki selisih sekitar 63% dengan nilai inhibisi daun teh yakni sebesar 95.77%. Material yang tidak menggunakan inhibitor memiliki tingkat korosi yang paling tinggi karena tidak ada yang melindungi permukaan material spesimen tersebut.

#### 4.3.2 Material API 5L

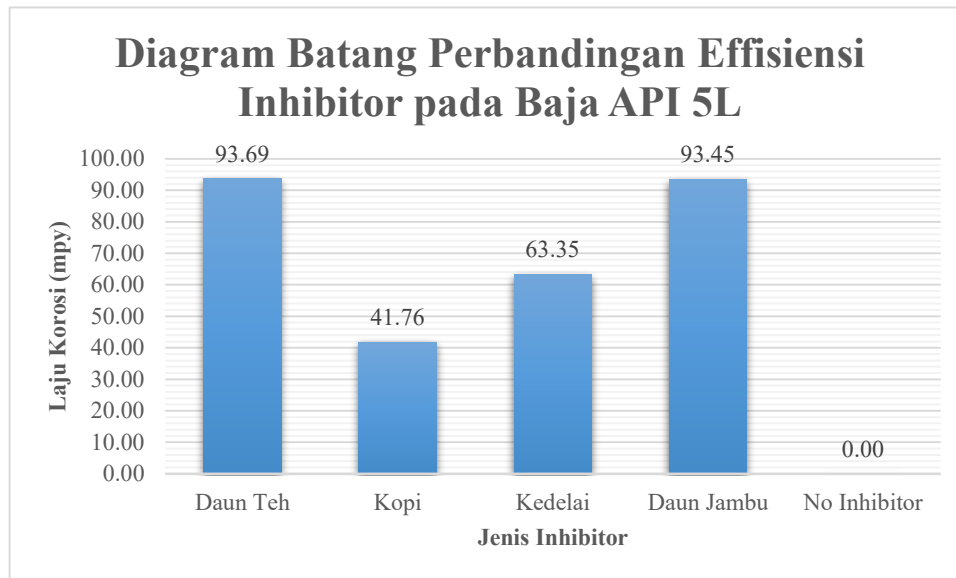


Gambar 4.11. Diagram batang perbandingan laju korosi pada baja ASTM API 5L dengan metode *electroplating*

Pada gambar 4.11, dapat diketahui bahwa laju korosi paling rendah yaitu pada material spesimen yang diolesi dengan inhibitor teh sebesar 539.85 mpy kemudian daun jambu sebesar 559.89 mpy. Selisih laju korosi spesimen yang menggunakan inhibitor teh dan spesimen yang menggunakan inhibitor daun jambu

yaitu sebesar 20 mpy. Walaupun perbedaan yang dihasilkan cukup sedikit namun hal ini perlu dipertimbangkan saat digunakan dalam keadaan yang sebenarnya.

Inhibitor daun teh dan inhibitor daun jambu dapat menghambat laju korosi lebih baik karena inhibitor tersebut memiliki daya rekat pada permukaan material yang lebih baik dibanding dengan dua inhibitor yang lain. Inhibitor kopi dan



Gambar 4. 12 Diagram batang perbandingan Effisiensi Inhibitor pada baja ASTM API 5L

inhibitor kacang kedelai lebih mudah terurai dan bereaksi dengan larutan air laut buatan karena inhibitor tersebut memiliki daya rekat yang rendah. Sehingga baik inhibitor kopi dan inhibitor kacang kedelai sama-sama kurang maksimal dalam menghambat proses korosi pada material ASTM API 5L di dalam media air laut buatan.

Dari gambar 4.12 dapat diketahui bahwa inhibitor daun teh memiliki nilai efisiensi paling tinggi dibanding dengan inhibitor yang lain. Nilai efisiensi yang dimiliki inhibitor daun teh sangat tinggi mencapai 93.69% dan dilanjutkan dengan nilai inhibitor daun jambu 93.45%. Dari nilai efisiensi inhibitor yang dimiliki oleh inhibitor daun teh dan Daun Jambu maka dapat dikatakan bahwa kedua inhibitor ini merupakan inhibitor yang baik untuk proses menghambat korosi.

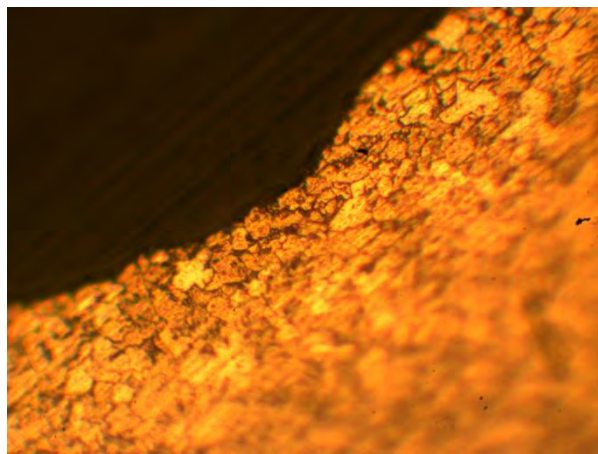
Kopi memiliki nilai efisiensi inhibitor yang paling rendah yaitu hanya sebesar 41.76% sedangkan kacang kedelai hanya memiliki nilai inhibisi sebesar 63.35%. Inhibitor Kopi memiliki nilai inhibisi sebesar 41.76 % memiliki selisih sekitar 52% dengan nilai inhibisi daun teh yakni sebesar 93.69%. Material yang

tidak menggunakan inhibitor memiliki tingkat korosi yang paling tinggi karena tidak ada yang melindungi permukaan material spesimen tersebut.

#### 4.4 Hasil Foto Mikrostruktur

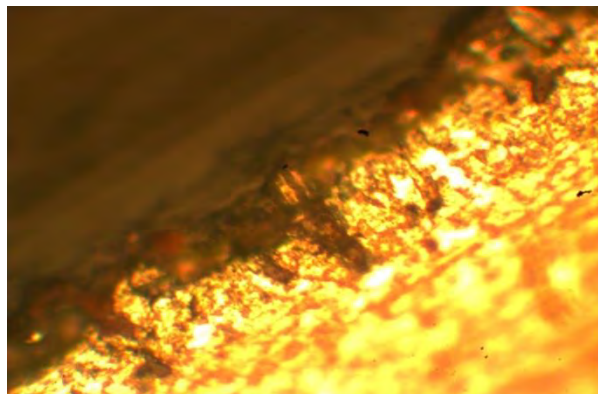
Setelah dilakukan uji foto mikro didapatkan hasil foto dari permukaan material spesimen. Hasil foto merupakan hasil perbesaran dengan menggunakan perbersaran lensa 100x dan perbesaran lensa 400x. Jenis permukaan material berupa permukaan *base metal* yang tidak melalui proses las pada umumnya.

##### 4.4.1 Material ASTM A53



Gambar 4.93. Permukaan spesimen material A53 400x tidak mengalami korosi

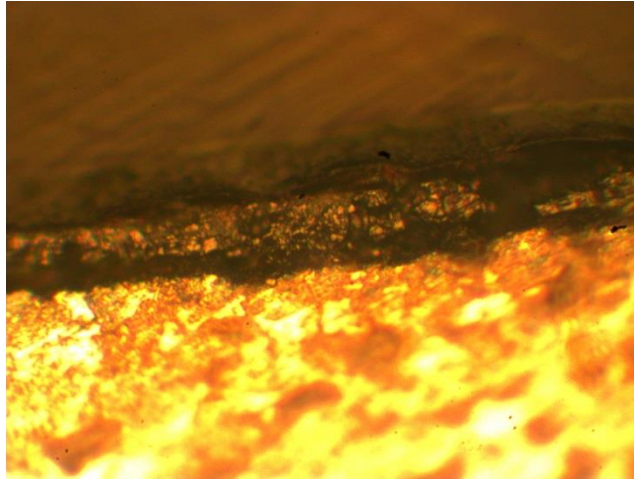
Struktur mikro pada gambar di atas terdiri dari butir-butir *ferit* yang berwarna terang, dan butir-butir *perlit* berwarna gelap. Butir *ferit* cenderung lebih halus sedangkan butir *perlit* lebih kasar. Gambar 4.13 merupakan gambar permukaan struktur yang mengalami perbesaran 400x yang tidak mengalami proses korosi.



Gambar 4.14. Permukaan spesimen material A53 400x yang mengalami proses korosi

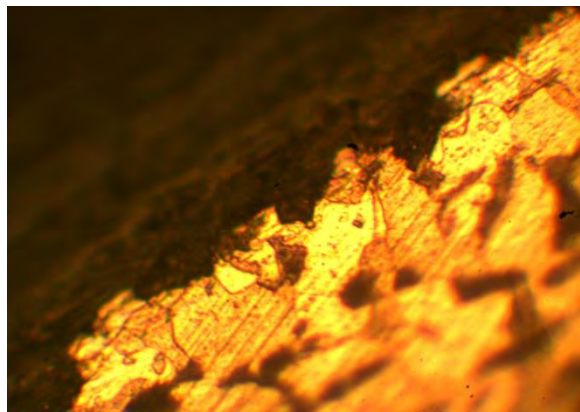
Struktur mikro pada gambar di atas terdiri dari butir-butir *ferit* yang berwarna terang, dan butir-butir *perlit* berwarna gelap. Pada tepi permukaan terdapat celah yang merupakan hasil dari proses korosi yang terjadi. Gambar 4.14 merupakan gambar permukaan struktur yang mengalami perbesaran 400x yang mengalami proses korosi.

#### 4.4.2 Material API 5L



Gambar 4.15. Permukaan spesimen material API 5L 400x tidak mengalami korosi

Struktur mikro pada gambar di atas terdiri dari butir-butir *ferit* yang berwarna terang, dan butir-butir *perlit* berwarna gelap. Butir *ferit* cenderung lebih halus sedangkan butir *perlit* lebih kasar. Gambar 4.15 merupakan gambar permukaan struktur yang mengalami perbesaran 400x yang tidak mengalami proses korosi.



Gambar 4.16. Permukaan spesimen material API 5L 400x mengalami korosi

Struktur mikro pada gambar di atas terdiri dari butir-butir *ferit* yang berwarna terang, dan butir-butir *perlit* berwarna gelap. Bagian tepi spesimen yang memiliki banyak celah merupakan bentuk dari hasil pengujian proses korosi yang terjadi. Gambar 4.16 merupakan gambar permukaan struktur yang mengalami perbesaran 400x yang mengalami proses korosi.

## LAMPIRAN

### 1. Tabel Data Laju Korosi A53 dengan Metode *Immersion Test*

Tabel 1. Data Laju Korosi A53 dengan Metode *Immersion Test*

Spesimen	Berat awal	Berat akhir	Selisih Berat	Lama Reaksi	Area	Laju Korosi	Rata-rata Laju Korosi	Effisiensi Laju Korosi
	(gram)	(gram)	(gram)	(jam)	(cm <sup>2</sup> )	(mpy)	(mpy)	(%)
A1	10.15	10.14	0.01	336	10.51	1.53	1.94	49.24
A2	11.38	11.36	0.02	336	9.29	2.80		
A3	11.65	11.64	0.01	336	9.80	1.49		
B1	11.63	11.61	0.02	336	9.85	3.00	2.66	30.43
B2	10.68	10.67	0.01	336	9.90	1.80		
B3	11.54	11.51	0.02	336	10.11	3.19		
C1	11.21	11.19	0.02	336	9.60	2.34	2.52	34.08
C2	11.00	10.98	0.02	336	9.50	2.48		
C3	10.79	10.77	0.02	336	9.37	2.75		
D1	10.57	10.54	0.03	336	9.46	4.01	2.19	42.86
D2	11.54	11.54	0.01	336	9.89	0.88		
D3	11.88	11.86	0.01	336	9.88	1.67		
E1	11.38	11.35	0.03	336	9.59	3.68	3.83	0.00
E2	10.16	10.14	0.02	336	9.57	3.26		
E3	11.70	11.66	0.03	336	10.03	4.53		

### 2. Tabel Data Laju Korosi A53 dengan Metode *Electroplating*

Tabel 2. Data Laju Korosi A53 dengan Metode *Electroplating*

Spesimen	Berat awal	Berat akhir	Selisih Berat	Lama Reaksi	Area	Laju Korosi	Rata-rata Laju Korosi	Effisiensi Inhibisi
	(gram)	(gram)	(gram)	(jam)	(cm <sup>2</sup> )	(mpy)	(mpy)	(%)
A1	11.75	11.72	0.03	0.5	10.51	2505.77	2360.87	92.20
A2	11.45	11.43	0.02	0.5	9.29	1890.22		
A3	10.54	10.51	0.03	0.5	9.80	2686.62		
B1	11.53	11.47	0.06	0.5	9.85	5346.84	19285.78	36.26
B2	10.65	10.43	0.22	0.5	9.90	19515.08		
B3	10.76	10.38	0.38	0.5	10.11	32995.43		
C1	12.25	12.20	0.05	0.5	9.60	4574.03	19818.88	34.50
C2	11.22	10.90	0.32	0.5	9.50	29585.37		
C3	11.18	10.91	0.27	0.5	9.37	25297.23		

D1	11.80	11.75	0.05	0.5	9.46	4641.92	4507.16	85.10
D2	11.92	11.86	0.06	0.5	9.89	5324.68		
D3	11.54	11.50	0.04	0.5	9.88	3554.88		
E1	11.56	11.03	0.53	0.5	9.59	48535.61	30257.08	0
E2	11.69	11.43	0.26	0.5	9.57	23848.88		
E3	10.38	10.17	0.21	0.5	10.03	18386.76		

### 3. Tabel Data Laju Korosi API 5L dengan Metode *Immersion Test*

Tabel 3. Data Laju Korosi API 5L dengan Metode *Immersion Test*

Spesimen	Berat awal	Berat akhir	Selisih Berat	Lama Reaksi	Area	Laju Korosi	Rata-rata Laju Korosi	Effisiensi Inhibisi
	(gram)	(gram)	(gram)	(jam)	(cm <sup>2</sup> )	(mpy)	(mpy)	(%)
A1	77.8375	77.7725	0.0650	336	35.3344	2.40	3.10	93.83
A2	76.5649	76.4844	0.0805	336	34.3385	3.06		
A3	79.2085	79.1029	0.1056	336	35.8974	3.84		
B1	78.1055	78.0021	0.3975	336	39.6389	13.10	6.12	87.83
B2	77.4790	77.3984	0.0806	336	37.2483	2.83		
B3	76.2334	76.1593	0.0741	336	39.9128	2.43		
C1	75.8734	75.7321	0.1413	336	40.6856	4.54	4.16	91.72
C2	76.5458	76.4215	0.1243	336	38.2137	4.25		
C3	77.4763	77.3658	0.1105	336	39.0971	3.69		
D1	76.5534	76.4387	0.1147	336	38.4010	3.90	3.77	92.50
D2	77.7362	77.6126	0.1236	336	39.7276	4.06		
D3	77.3702	77.2695	0.1007	336	39.3208	3.35		
E1	78.5656	77.1233	1.4423	336	40.4903	46.53	50.26	0.00
E2	77.2796	75.3998	1.8798	336	38.9653	63.02		
E3	77.4216	76.2582	1.1634	336	36.8622	41.23		

### 4. Tabel Data Laju Korosi API 5L dengan Metode *Electroplating*

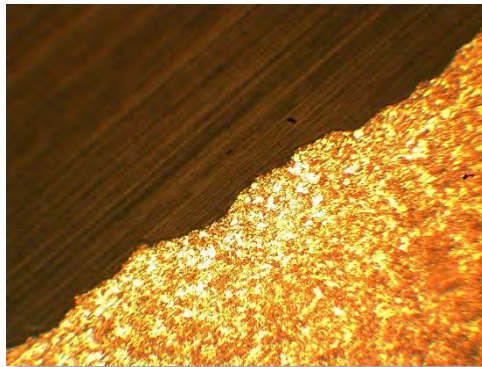
Tabel 4. Data Laju Korosi API 5L dengan Metode *Electroplating*

Spesimen	Berat awal	Berat akhir	Selisih Berat	Lama Reaksi	Area	Laju Korosi	Rata-rata Laju Korosi	Effisiensi Inhibisi
	(gram)	(gram)	(gram)	(jam)	(cm <sup>2</sup> )	(mpy)	(mpy)	(%)
A1	74.69	74.65	0.04	1	35.3344	496.89	539.85	93.69
A2	75.87	75.83	0.04	1	34.3385	511.30		
A3	76.23	76.18	0.05	1	35.8974	611.37		
B1	0.00	77.88	0.44	1	39.6389	4872.23	4981.05	41.76

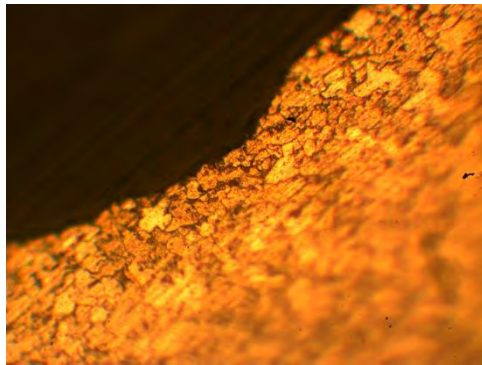


<b>B2</b>	77.30	76.80	0.50	1	37.2483	5891.96		
<b>B3</b>	77.41	77.03	0.38	1	39.9128	4178.96		
<b>C1</b>	0.00	75.16	0.25	1	40.2505	2726.25		
<b>C2</b>	76.37	76.05	0.32	1	38.4888	3649.33	3134.80	63.35
<b>C3</b>	75.39	75.12	0.27	1	39.1278	3028.83		
<b>D1</b>	77.48	77.43	0.05	1	38.8277	565.23		
<b>D2</b>	76.52	76.46	0.06	1	39.4504	667.57		
<b>D3</b>	78.43	78.39	0.04	1	39.2901	446.86	559.89	93.45
<b>E1</b>	77.01	76.64	0.37	1	40.4903	4010.95		
<b>E2</b>	77.54	76.76	0.78	1	38.9653	8786.44		
<b>E3</b>	78.32	77.24	1.08	1	36.8622	12859.94		

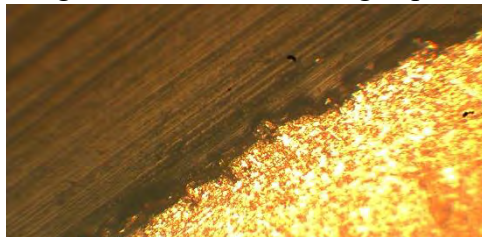
## 5. Foto Mikrostruktur



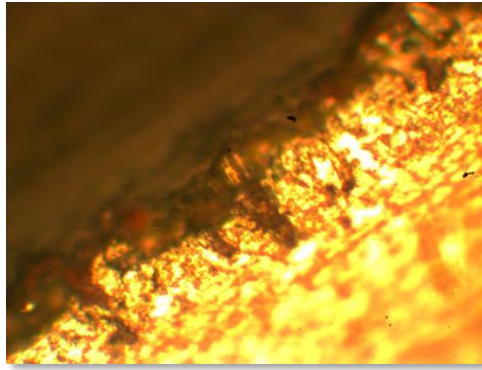
Gambar 1. Permukaan Spesimen material ASTM A53 yang mengalami tidak korosi dengan perbesaran 100x



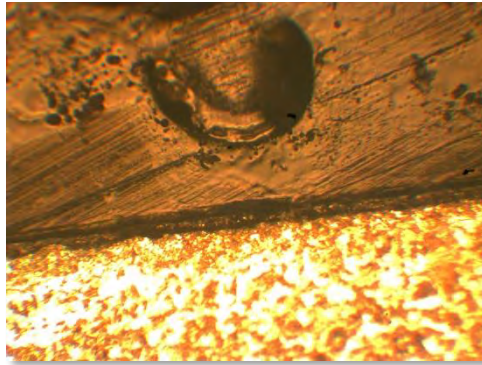
Gambar 2. Permukaan Spesimen material ASTM A53 yang mengalami tidak korosi dengan perbesaran 400x



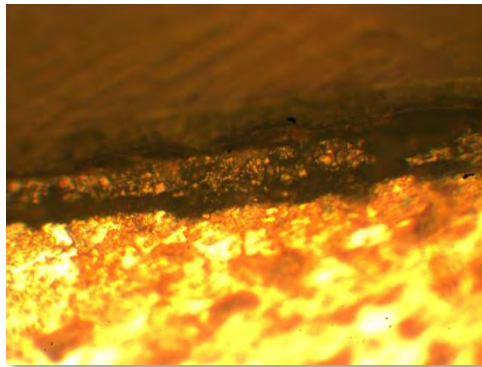
Gambar 3. Permukaan Spesimen material ASTM A53 yang mengalami korosi dengan perbesaran 100x



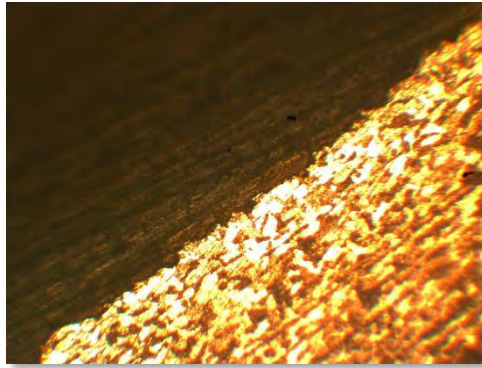
Gambar 4. Permukaan Spesimen material ASTM A53 yang mengalami korosi dengan perbesaran 400x



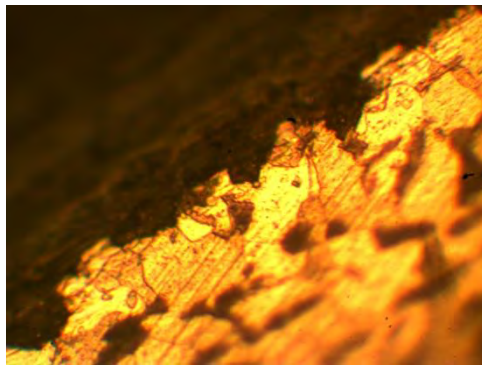
Gambar 4. Permukaan Spesimen material API 5L yang tidak mengalami korosi dengan perbesaran 100x



Gambar 4. Permukaan Spesimen material API 5L yang tidak mengalami korosi dengan perbesaran 400x



Gambar 4. Permukaan Spesimen material API 5L yang mengalami korosi dengan perbesaran 100x



Gambar 4. Permukaan Spesimen material API 5L yang mengalami korosi dengan perbesaran 400x

## 6. Perhitungan Laju Korosi

$$\begin{aligned} \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.01}{7.86 \times 10.51 \times 336} \\ &= 1.53 \text{ mpy} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.02}{7.86 \times 9.29 \times 336} \\ &= 2.80 \text{ mpy} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.01}{7.86 \times 9.80 \times 336} \\ &= 1.49 \text{ mpy} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.02}{7.86 \times 9.85 \times 336} \\ &= 3.00 \text{ mpy} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.01}{7.86 \times 9.90 \times 336} \\
 &= 1.80 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.02}{7.86 \times 10.11 \times 336} \\
 &= 3.19 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.02}{7.86 \times 9.60 \times 336} \\
 &= 2.34 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.02}{7.86 \times 9.50 \times 336} \\
 &= 2.48 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.02}{7.86 \times 9.37 \times 336} \\
 &= 2.75 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.03}{7.86 \times 9.46 \times 336} \\
 &= 4.01 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.01}{7.86 \times 9.89 \times 336} \\
 &= 0.88 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.01}{7.86 \times 9.88 \times 336} \\
 &= 1.67 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.03}{7.86 \times 9.59 \times 336} \\
 &= 3.68 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.02}{7.86 \times 9.57 \times 336} \\
 &= 3.26 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.03}{7.86 \times 10.03 \times 336} \\
 &= 4.53 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.03}{7.86 \times 10.51 \times 0.5} \\
 &= 2505.77 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.02}{7.86 \times 9.29 \times 0.5} \\
 &= 1890.22 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.03}{7.86 \times 9.80 \times 0.5} \\
 &= 2686.62 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.06}{7.86 \times 9.85 \times 0.5} \\
 &= 5346.84 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.22}{7.86 \times 9.90 \times 0.5} \\
 &= 19515.08 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.38}{7.86 \times 10.11 \times 0.5} \\
 &= 32995.43 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.05}{7.86 \times 9.60 \times 0.5} \\
 &= 4574.03 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.32}{7.86 \times 9.50 \times 0.5} \\
 &= 29585.37 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.27}{7.86 \times 9.37 \times 0.5} \\
 &= 25297.23 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.05}{7.86 \times 9.46 \times 0.5} \\
 &= 4641.92 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.06}{7.86 \times 9.89 \times 0.5} \\
 &= 5324.68 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.04}{7.86 \times 9.88 \times 0.5} \\
 &= 3554.88 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.53}{7.86 \times 9.59 \times 0.5} \\
 &= 48535.61 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.26}{7.86 \times 9.57 \times 0.5} \\
 &= 23848.88 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.21}{7.86 \times 10.03 \times 0.5} \\
 &= 18366.76 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.07}{7.86 \times 35.33 \times 336} \\
 &= 2.40 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.08}{7.86 \times 34.34 \times 336} \\
 &= 3.06 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.11}{7.86 \times 35.90 \times 336} \\
 &= 3.84 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.40}{7.86 \times 39.64 \times 336} \\
 &= 13.10 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.08}{7.86 \times 37.25 \times 336} \\
 &= 2.83 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.07}{7.86 \times 39.91 \times 336} \\
 &= 2.43 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.14}{7.86 \times 40.69 \times 336} \\
 &= 4.54 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.12}{7.86 \times 38.21 \times 336} \\
 &= 4.25 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.11}{7.86 \times 39.10 \times 336} \\
 &= 3.69 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.11}{7.86 \times 38.40 \times 336} \\
 &= 3.90 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.12}{7.86 \times 39.73 \times 336} \\
 &= 4.06 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.10}{7.86 \times 39.32 \times 336} \\
 &= 3.35 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 1.44}{7.86 \times 40.49 \times 336} \\
 &= 46.53 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 1.88}{7.86 \times 38.97 \times 336} \\
 &= 63.02 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 1.16}{7.86 \times 36.86 \times 336} \\
 &= 41.23 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.04}{7.86 \times 35.33 \times 1} \\
 &= 496.89 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.04}{7.86 \times 34.34 \times 1} \\
 &= 511.30 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.05}{7.86 \times 35.90 \times 336} \\
 &= 611.37 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.44}{7.86 \times 39.64 \times 1} \\
 &= 4872.23 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.50}{7.86 \times 37.25 \times 1} \\
 &= 5891.96 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.38}{7.86 \times 39.91 \times 1} \\
 &= 4178.96 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\
 &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.25}{7.86 \times 40.25 \times 1} \\
 &= 2726.25 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.32}{7.86 \times 38.49 \times 1} \\ &= 3649.33 \text{ mpy}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.27}{7.86 \times 39.13 \times 1} \\ &= 3028.83 \text{ mpy}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.05}{7.86 \times 38.83 \times 1} \\ &= 565.23 \text{ mpy}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.06}{7.86 \times 39.29 \times 1} \\ &= 667.57 \text{ mpy}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.04}{7.86 \times 39.29 \times 1} \\ &= 446.86 \text{ mpy}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.37}{7.86 \times 40.49 \times 1} \\ &= 4010.95 \text{ mpy}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 38.97}{7.86 \times 38.97 \times 1} \\ &= 8786.44 \text{ mpy}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Korosi} &= \frac{K \times W}{D \times A \times T} \\ &= \frac{3.45 \times 10^6 \times 36.86}{7.86 \times 36.86 \times 1} \\ &= 12859.94 \text{ mpy}\end{aligned}$$

## 7. Biaya Pembuatan Inhibitor

No	Nama Barang	Jumlah Barang	Harga Satuan	Total
1	Daun The	5 pack	Rp 2.500,00 / pack	Rp 12,500.00
2	Kopi	250 gram	Rp 60.000,00 / kg	Rp 24,000.00
3	Daun Jambu Biji	1 kg	Rp 5.000,00 / kg	Rp 5,000.00
4	Kacang Kedelai	500 gram	Rp 8.500,00 / kg	Rp 4,250.00
5	n-heksan	3 liter	Rp 25.000,00 / liter	Rp 75,000.00
6	HCL	1 liter	Rp 22.000,00 / liter	Rp 22,000.00
7	proses ekstraksi	1 paket	Rp 350.000,00 / paket	Rp 350,000.00
<b>TOTAL</b>				<b>Rp 492,750.00</b>



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **4.1 Kesimpulan**

1. Laju korosi spesimen dengan inhibitor teh memiliki laju korosi paling kecil yakni sebesar 3.10 mpy untuk API 5L dan 1.94 mpy untuk ASTM A53. Spesimen dengan inhibitor daun jambu memiliki laju korosi yang lebih besar dari spesimen dengan inhibitor teh yakni sebesar 3.77 mpy untuk API 5L dan 2.19 untuk ASTM A53. Nilai laju korosi pada material dengan inhibitor kopi yakni 6.12 mpy untuk API 5L dan 2.66 mpy untuk ASTM A53. Spesimen dengan inhibitor kacang kedelai memiliki nilai laju korosi sebesar 4.16 untuk API 5L dan 2.52 mpy untuk ASTM A53. Nilai laju korosi spesimen API 5L dan ASTM A53 yang tidak menggunakan inhibitor masing-masing 50.26 mpy dan 3.83 mpy. Kandungan tanin pada daun teh dan daun jambu biji, kafeina pada kopi, dan asam amino pada kacang kedelai dapat menghambat proses korosi. Senyawa tersebut akan membentuk lapisan pelindung pada permukaan material. Sehingga, inhibitor alami yang digunakan mampu menghambat laju korosi pada material spesimen API 5L dan ASTM A53. Material yang dilapisi inhibitor memiliki nilai laju korosi yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang tidak dilapisi oleh inhibitor.
2. Inhibitor teh merupakan inhibitor dengan kinerja yang paling baik dengan nilai efisiensi mencapai 95.48%. Sedangkan daun jambu biji memiliki nilai efisiensi mencapai 93.45%. Inhibitor tersebut memiliki daya rekat yang lebih kuat dibanding dengan yang lain. Sedangkan, inhibitor kacang kedelai memiliki kinerja yang kurang maksimal. Nilai efisiensi inhibitor kedelai mencapai 91.72% sedikit dibawah nilai efisiensi inhibitor teh dan kopi. Lapisan pelindung yang dibuat oleh inhibitor kacang kedelai lebih cepat hilang dan daya rekat yang dimiliki juga kurang kuat. Inhibitor kopi memiliki nilai efisiensi paling rendah dan hanya mencapai 87.83%. Hal ini terjadi karena lapisan yang dibentuk inhibitor sangat mudah terlepas dari permukaan spesimen. Kinerja inhibitor dapat dipengaruhi oleh daya rekat inhibitor pada permukaan material. Semakin pekat inhibitor yang dihasilkan maka semakin baik daya rekat

terhadap material. Semakin kuat daya rekat yang dimiliki inhibitor terhadap material, maka semakin kuat lapisan yang dibentuk oleh inhibitor tersebut untuk menghambat laju korosi yang terjadi.

#### **4.2 Saran**

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan faktor temperatur dan pH sehingga dapat diketahui faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja inhibitor alami.
2. Larutan yang digunakan sebagai media untuk pengujian korosi dapat diganti dengan larutan lain seperti larutan asam maupun basa.
3. Jenis inhibitor alami yang lain maupun campuran dari inhibitor alami dapat digunakan untuk bahan penelitian selanjutnya.

- Akhsan, M.Luki Yudha. 2015. **Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji Merah Terhadap Laju Korosi Baja A131 Pada Air Laut**. Skripsi. Jember: Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Ali, Farida, Desy Saputri, dan Raka Fajar Nugroho. 2014. Pengaruh Waktu Perendaman dan Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*, Linn) sebagai Inhibitor Terhadap Laju Korosi Baja Ss 304 dalam Larutan Garam dan Asam. **Jurnal Teknik Kimia No.1 (1)**: 28-37.
- American Society for Testing and Materials. 1996. **ASTM A53 Standard Spec. for Pipe, Steel, Black and Hot Dipped, Zinc Coated, Welded and Seamless**. ASTM Society.
- American Society for Testing and Materials. 2004. **ASTM G31-72 Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals**. ASTM Society.
- American Petroleum Institute. 2004. **API 5L Specification for Line Pipe**. API Publication.
- Bungsu, Putri. **Pengaruh Kadar Tanin pada Teh Celup terhadap Anemia Gizi Besi (AGB) pada Ibu Hamil di UPT Puskesmas Citereup Kabupaten Bogor Tahun 2012**. Tesis. Depok: Magister Epidemiologi Komunitas, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Darmanto. 2006. Pengaruh Holding Time Terhadap Sifat Kekerasan dengan Refining The Core Pada Proses Carburizing Material Baja Karbon Rendah. **Jurnal Traksi 4 No.2 (12)**: 91-100.
- Fachry, A Rasyid, RM.Arief Sastrawan, dan Guntur Svingkoe. 2012. Kondisi Optimal Proses Ekstraksi Tanin dari Daun Jambu Biji Menggunakan Pelarut Etanol. **Prosiding STNK TOPI (7)**: 69-73.
- Gumelar, Agung Akhmad. 2011. **Studi Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Teh Roselia (*Hibbicus sabdariffa*) sebagai Green Corrosion Inhibitor untuk Material Baja Karbon Rendah di Lingkungan NaCl 3,5% pada**

- Temperatur 50 Derajat Celsius.** Skripsi. Depok: Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Habibie, Afithroni Lubis dan Aisyah Endah Palupi. 2014. “Pengaruh Daun Teh dan Daun Jambu Biji sebagai Inhibitor Organik Alami pada Baja SS 304 dalam Larutan Asam”. **Jurnal Teknik Mesin (JTM) 03 No.01:** 9-13.
- Hakim, Alfin Al. 2011. **Pengaruh Inhibitor Korosi Berbasis Sunyawa Fenolik untuk Proteksi Pipa Baja Karbon pada Lingkungan 0.5, 1.5, 2.5, 3.5% NaCl yang Mengandung Gas CO<sub>2</sub>.** Skripsi. Depok: Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Haryono, Gogot, Bambang Sugiarto, Hanima Farid dan Yudi Tanoto. 2010. Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi. **Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” (1):** 1-6.
- Haslim, Alfonsius B J. 2012. **Studi Inhibisi Korosi Baja API-%L dalam Air Formasi (Conate Water) dengan Ekstrak Kulit Buah Sawo (*Manilkara zapota*) Menggunakan Metode Polarisisasi.** Skripsi. Depok: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Hermawan, Sri, Yuli Rizky Ananda Nasution dan Rosdanelli Hasibuan. 2012. Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao*). **Jurnal Teknik Kimia USU No.1 (1):** 31-33.
- Ilim, Kamisah D Pandiangan dan Sudrajat. 2007. “Studi Penggunaan Tumbuhan Tembakau, Teh dan Kopi sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Air Laut Buatan yang Jenuh CO<sub>2</sub>”. **Jurnal Sains MIPA 13 No.2 (12):** 163-168.
- Irianty, Rozanna Sri dan Khairat. 2013. Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya*) sebagai Inhibitor Korosi Baja ST.37 dalam Medium Asam Sulfat. **Jurnal Teknobiologi IV (2):** 77-82.
- Ishwahyudi. 2008. **Desain Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban Pada Jaringan Pipa Pertamina Upms V.** Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Istiqomah. 2013. **Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Sokletasi terhadap Kadar Piperin Buah Cabe Jawa (*Piperin retrofacti fructus*).** Skripsi. Jakarta: Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Karim, Azis Abd. dan Zulkifly A. Yusuf. 2012. Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat dan Tapioka Terhadap Tingkat Laju Korosi pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut. **Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK) 10 (7): 205-212.**
- Kristian, Andy dan Setyo Purwanto. 2015. **Pengaruh Inhibitor Kafeina terhadap Laju Korosi Baja API 5L Grade B dalam Media Air Laut.** Tangerang: BATAN PUSPITEK
- Lisa. 2015. **Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya L.*) dalam Menghambat Laju Korosi Kawat Ortodonsi Berbahan *Stainless Steel*.** Skripsi. Makassar: Bagian Ortodonsi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.
- Leoraianta, Randha A. 2010. **Studi Pengaruh Waktu Rendam Inhibitor Organik Ramah Lingkungan pada Baja SPCC dalam Lingkungan Air Laut.** Skripsi. Depok: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Pattireuw, Kevin Jones, Fentje Abdul Rauf, dan Romels Cresano. 2013. **Analisis Laju Korosi pada Baja Karbon dengan Menggunakan Air Laut dan  $H_2SO_4$ .** Teknik Mesin. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Pramana, Rakhmad Indra. 2012. **Studi Ekstrak Daun Beluntas (*Plucea indica L*) sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan terhadap Baja Karbon Rendah di Lingkungan 3,5% NaCl.** Tesis. Depok: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rafiqi, Ach. Firdaus dan Achmad Junaidi. 2012. **Asam Amino: Gerak dan Perubahan.** Materi Ajar. Sumenep: Universitas Wiraraja.

- Rohmah, Miftakhur. 2010. Aktivitas Antioksidan Campuran Kopi Robusta (*Coffea canephora*) dengan Kayu Manis (*Cinnamomum burmandi*). **Jurnal Teknologi Pertanian**, 6 (2): 50-54.
- Sastri, V.S. 2011. **Green Corrosion Inhibitors: Theory and Practice**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Septiari, Roni dan Heri Supomo. 2013. Studi Penggunaan Ekstrak Bahan Alami Sebagai Inhibitor Korosi Pada Cat Untuk Pelat Kapal A36. **Jurnal Teknik POMITS (2)**: 1-5
- Supomo, Heri. 1995. **Diktat Kuliah Korosi Vol.1**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tretheway, Kr., Chamberlain J. 1991. **Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan**. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yuliarti, Iftitahul Fariha. 2016. **Pengaruh Penambahan Tapioka pada Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava L.*) terhadap Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Api 5L grade B pada Lingkungan Ph 4 dan Ph 7**. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

## BIODATA PENULIS



Ardi Prasetya Yanuar lahir di Blitar, 22 Januari 1994 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Pendidikan SD ditempuh di SD Negeri Pakunden II Blitar. Sedangkan SMP ditempuh di SMP Negeri 2 Blitar dan SMA ditempuh di SMA Negeri 10 Malang Sampoerna Academy. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikannya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama berkuliah, penulis pernah menjadi Staff Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan Departemen Riset dan Teknologi tahun 2013-2014 dan Staff Ahli Departemen Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan tahun 2014-2015.

Pada tahun 2015, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Wijaya Karya Industri & Konstruksi Divisi Anoda Cileungsi, Bogor, Jawa Timur selama dua bulan. Pada bulan Januari 2016, Penulis mulai mengerjakan Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan Pendidikan Sarjana (S1) dengan mengambil Bidang Keahlian Perancangan dan Produksi Bangunan Laut. Judul tugas akhir penulis yaitu

**Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada  
Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan**

Kontak dengan penulis: [ardiyanuar220194@gmail.com](mailto:ardiyanuar220194@gmail.com)